SVT 3

MANUEL POUR LES ÉLÈVES DE TROISIÈME



Comment utiliser votre manuel.

Présenter et organiser les connaissances indispensables pour préparer, soutenir et prolonger le travail de votre professeur.

Vous trouverez essentiellement dans ce manuel des connaissances, des prolongements de cours et de nombreux exercices corrigés.

Le but de ce manuel est de vous aider à progresser et à aller plus loin.

Il s'adresse autant à ceux qui vont arrêter leur scolarité classique au collège qu'à ceux qui vont continuer "vers l'infini et au-delà ".

La plupart des manuels vous proposent de jolies photos et vous laissent vous dépatouiller ensuite. Ce n'est pas le cas de celui-ci. J'ai essayé de le rendre agréable par l'injection d'une bonne dose d'humour, car il n'est pas de sciences sans joie (non, les sciences ne sont pas de tristes listes de trucs sans intérêt à connaître par coeur pour avoir la bonne note !).

Ce manuel est organisé comme suit:

- le cours présente ce qu'il faut savoir
- le résumé présente les notions qu'il faut, comment dire... retenir ?
- les questions permettent d'approfondir le sujet
- les exercices présentent de quoi vérifier puis appliquer ses connaissances (car la science est aussi l'application de connaissances à des problèmes nouveaux pour générer des connaissances nouvelles, etc.)
- l'évaluation vous présente un exemple de devoir et sa correction (évitez de tricher!). Les tests sont des évaluations rapides, sous forme de questionnaires.
- Les "colles" sont des questions à vous faire poser par un copain, une copine, un frère ou une soeur ou même, soyons fous, vos parents. Les réponses sont données à la page suivante !
- les méthodes à suivre, les trucs et astuces et les aperçus de la «science vécue» sont signalées par ce symbole: 🏛

- Ce manuel fait largement appel à l'histoire des sciences, donc vous en profiterez pour réviser aussi votre chronologie et même, chemin faisant, pour apprendre quelques définitions, citations et astuces qui vous permettront de mieux maîtriser votre expression écrite et, pourquoi pas, orale. Et maintenant, au boulot!

Pr. R .Raynal
Dr de l'Université de Toulouse
Octobre 2007

Table des matières

Nouveau programme


2008

“La volonté délivre; car la volonté est créatrice; c’est là ce que j’enseigne. Et ce n’est que pour créer qu’il vous faut apprendre !”

F. Nietsche - Ainsi parlait Zarathoustra

... Where the childrens of tomorrow
dream away
in the winds of change

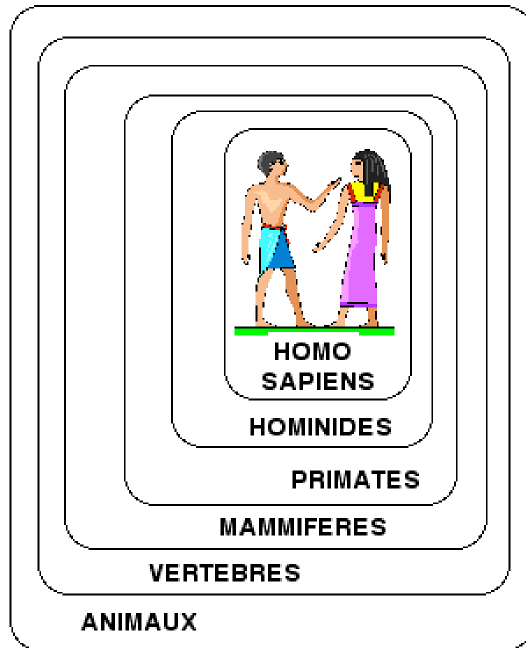
Scorpion

Un individu est le représentant unique d'une espèce

Les caractères d'une espèce sont transmis au cours de la reproduction

1 - Nous présentons tous des caractères communs, hérités de nos parents.

Nous sommes tous des êtres humains (1). Qu'est-ce que cela veut dire, être un humain ?



C'est déjà posséder un certain nombre de caractères qui permettent de nous situer dans la classification des êtres vivants. Nous sommes tous des animaux (2) vertébrés qui se positionnent dans la classification comme indiqué sur le schéma ci-contre: nous sommes tous des homo sapiens, vos enfants seront des homo sapiens, leurs enfants aussi, etc...

Comme dit le proverbe "*Los cats fan pas de chins.*" (Les chats ne font pas des chiens !).

Au-delà des caractères communs qui font de nous tous des êtres humains, nous héritons de caractères personnels qui font de nous des individus uniques. Ces caractères ne peuvent venir que de nos parents (3) dont nous sommes pourtant différents.

Nous sommes aussi différents (4) de nos éventuels frères et soeurs, qui pourtant ont les mêmes parents que nous. Pourquoi ? (Réfléchissez deux secondes avant de lire la suite...)

Nous ne venons pas du même ovule ni du même spermatozoïde ! (5)

La reproduction sexuée (6) transmet donc de façon constante les caractères de l'espèce, mais provoque également l'existence d'un grand nombre de variations individuelles qui font de nous des humains certes, mais des humains uniques !

Reste à savoir comment tout cela est possible...

1 - Si des extraterrestres lisent cela, je m'excuse, mais ce manuel s'adresse à priori aux humains !
2 - Oui, l'Homme est un animal !
3 - Et les grands-parents, arrière grand parents ? Ils ont contribué à vos parents donc, indirectement, à vous aussi...
4 - Bien meilleur, sur tous les plans, c'est une évidence !
5 - Et même si cela arrive parfois (vrais jumeaux), nous voyons qu'il existe une grande ressemblance physique, mais qui n'empêche pas d'obtenir deux individus différents. Un problème sur lequel il faudra revenir...
6 - On dit bien sex<u>uée</u>. La reproduction "sexuelle" n'existe que dans l'esprit des élèves!

Caractère: Toute caractéristique observable d'un individu.
ATTENTION: rien a voir avec le fait d'être calme ou nerveux, un caractère peut être le nombre de membres, la couleur des yeux, le groupe sanguin...
Hérédité: transmission des caractères par la reproduction sexuée
Hybride : être vivant obtenu par reproduction sexuée de deux parents d'espèces différentes

Le contexte

L'hérédité, un très ancien problème

Un problème vital

Les premiers agriculteurs et éleveurs devaient avoir de bonnes chances d'obtenir des plantes donnant de meilleures graines ou de meilleurs fruits, des animaux donnant plus de lait, de viande ou plus résistant. Ils se sont vite rendu compte que pour cela il leur fallait agir sur la reproduction des êtres vivants.

Un problème social

L'importance sociale dépendait souvent de l'hérédité: pensez à la noblesse au Moyen âge et à la Renaissance, ainsi qu'aux emplois qui se transmettaient de père en fils. Le maintien des familles expliquait que la reproduction des humains était aussi, autrefois (aujourd'hui encore dans certaines cultures) contrôlée par les parents (mariages arrangés - pensez aux pièces de Molière que vous avez étudiées).

Un problème scientifique

Jusqu'au 19e siècle, on pensait (grâce à des observations comme celle de la couleur de la peau chez les humains) que les caractères se transmettaient surtout comme deux liquides que l'on mélange. De nombreuses légendes laissaient penser qu'il était possible d'obtenir des hybrides d'espèces très différentes, même avec des humains.
Ce sont les agriculteurs et plus précisément les horticulteurs qui, en cherchant à améliorer les plantes, vont fonder les connaissances modernes sur l'hérédité.

Des films pour réfléchir

Elephant-man, (D Lynch, 1980)
Bienvenue à Gattaca (A. Nicoll, 1997)



2 - Des expériences montrent comment se transmettent les caractères héréditaires

En 1865, le moine tchèque Gregor Mendel étudie la transmission des caractères chez le petit pois (1). Cette plante permet d'étudier facilement la transmission d'un seul caractère à la fois (couleur ou forme des pois, taille de la plante...). Mendel contrôle la reproduction des pois en transportant le pollen sur les étamines à l'aide d'un pinceau. Il est le premier à compter les proportions précises des caractères qui apparaissent dans les différentes générations. Certains de ses résultats sont représentés sur la figure ci-contre. Que peut-on en déduire ? *Essayez de rédiger vos propres conclusions, une génération après l'autre, avant de poursuivre la lecture.*

Pois jaune
Pois vert
PARENTS
X
REPRODUCTION SEXUEE
X
GENERATION F1
REPRODUCTION SEXUEE
GENERATION F2
PROPORTION CONSTANTE

Experiences de G. Mendel (1865)

1 - Dans la première génération, tous les individus présentent le même caractère. Le caractère "jaune" semble avoir disparu.

2 - Le caractère "jaune" réapparaît à la seconde génération, toujours dans les mêmes proportions: il représente 1/4 des individus obtenus.

Qu'est ce que cela veut dire ?

1 - un caractère peut être "caché" dans un individu, donc dans des cellules. Il existe un support, une "unité" correspondant à ce caractère. Les caractères héréditaires se transmettent donc à partir d'unités séparées qui ne se mélangent pas (2).

2 - les proportions fixes ne peuvent s'expliquer que si les "unités" se répartissent par paires: 2 unités/1 caractère. Mendel suppose que ces unités proviennent l'une du père et l'autre de la mère (*ce qui est révolutionnaire, car à l'époque les scientifiques pensaient que pour un caractère il existait un très grand nombre d'éléments différents*).

Mendel publie ses résultats dans une revue que presque personne ne lit: ils sont donc ignorés pendant 34 ans avant que trois autres scientifiques ne les redécouvrent, en 1900.

En 1909, le biologiste Johannsen va inventer un mot qui restera célèbre pour désigner les unités de Mendel: il les appelle des gènes.

Il se pose alors le problème de situer, dans la cellule, l'emplacement des gènes...

Pendant le cours...

Questions d'élèves

Le (très) bon élève (énerve le prof)

Mais si les caractères sont toujours transmis dans la même espèce, comment on fait pour obtenir des nouvelles espèces, comme des dinosaures à nous ?

Il doit exister des mécanismes qui créent des variations dans les caractères héréditaires. Toutefois, ils agissent sur de très longues périodes de temps, et nous ne les voyons pas.

Le fayot

Les trucs de Mendel, ça marche avec d'autres plantes et des animaux ?

Oui, même si Mendel a eu beaucoup de chance en utilisant des pois qui permettent d'obtenir des résultats très nets. Les conclusions de Mendel s'appliquent aux autres êtres vivants.

Le curieux sans intérêt

Il a utilisé beaucoup de petits pois Mendel ?

Dans une série d'expériences (il en a fait 7) il a obtenu 253 hybrides et a du compter 7324 pois.

L'historien

Pourquoi il a fait ça Mendel ? Y cherchait quoi ?

Mendel cherchait en fait à savoir comment apparaissent de nouvelles espèces. Il pensait, avec d'autres scientifiques de son temps, qu'il était possible que les nouvelles espèces viennent de la formation d'hybrides (résultats de la reproduction d'espèces différentes). Pour tester cette idée, il lui fallait vérifier que les nouveaux caractères des hybrides étaient stables, et qu'ils ne se modifiaient pas au cours des générations successives. Cette recherche à été à l'origine de son travail sur la répartition des caractères au cours des générations.

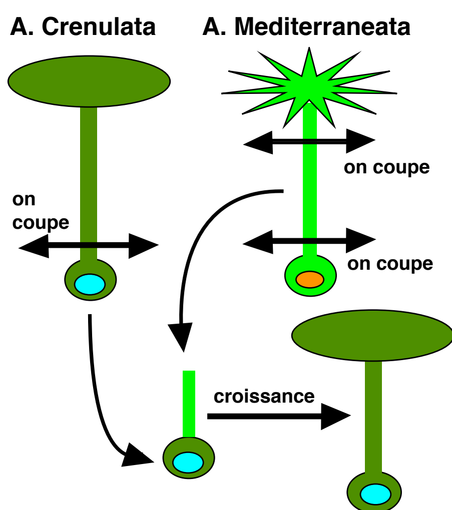
1 - Mendel n'est ni le premier ni le seul à réaliser ce genre d'expérience, mais il sera le premier à analyser complètement ses résultats. En effet, dès 1760, le botaniste J. Koelreuter avait réalisé des expériences voisines en croisant des plants de tabac (voir exercice 5) alors qu'en 1790, T.A. Knight avait étudié la transmission des caractères sur le même «modèle» que Mendel: le petit pois.

2 - Knight , en 1790, était arrivé à des conclusions similaires au terme de ses expériences, en étudiant la couleur des fleurs des pois: alors que la première génération résultant du croisement de fleurs pourpres et blanches donne uniquement des plantes à fleurs pourpres, la seconde génération voit réapparaître quelques plantes à fleurs blanches. Un caractère peut donc disparaître pendant une génération, restant "caché" dans la graine (d'où l'idée qu'il existe un support interne des caractères).

3 - Observations et expériences montrent que les gènes sont situés dans le noyau cellulaire

Dès la fin du 19éme siècle, plusieurs indices laissent penser que les gènes sont situés dans le noyau:

- en 1892, AZ. Wiessman remarque que, lors de la fécondation, le spermatozoïde contient surtout un noyau. Si, comme le pensait Mendel, les deux gamètes contribuent de façon égale aux gènes du futur individu, alors les gènes doivent être contenus dans le noyau (du moins pour le spermatozoïde)
- en 1903, W Sutton observe la formation des gamètes (voir p. 12 pour des détails) et remarque que ce sont des éléments venant du noyau qui se répartissent entre les cellules à l'origine des gamètes.



Expérience de Hammerling (1930)

En 1930 est réalisée [une série d'expériences] (une d'elles, ci-contre) confirmant le rôle du noyau. Le biologiste Hammerling va utiliser une cellule géante (quelques cm) pour réaliser une manipulation difficile: une "greffe" de noyau. Il transfère le noyau (et très peu de cytoplasme) d'une algue unicellulaire Acétabularia crenulata dans le cytoplasme d'une Acetabularia mediterranea dont il a coupé le "chapeau". Il constate ensuite que la cellule reprend sa croissance après le transfert de noyau et reforme un chapeau caractéristique de A. crenulata: tous les caractères d'une A. crenulata ont été obtenus à partir de son noyau. Il en déduit que c'est bien le noyau des cellules qui contient les gènes.

Les résultats d'Hammerling sont confirmés en 1939 (1), lorsque les biologistes Comandon et De Fontbrune utilisent l'un des plus gros unicellulaires, l'amibe, pour éclaircir le rôle du noyau. Ils constatent qu'en enlevant le noyau d'une amibe, cette dernière meurt. Par contre, si on insère un noyau d'amibe dans une autre amibe, dont on vient d'enlever le noyau, celle-ci survit. De plus, elle exprime les caractères de l'amibe donneuse du noyau. Les gènes de l'amibe sont donc bien contenus dans son noyau.

Mais si les gènes sont le support des caractères, les gènes peuvent-ils être modifiés pendant la vie d'un individu ?

1 - C'est, en fait, une drôle de «confirmation»: bien qu'Hammerling ait effectué ses expériences en 1930, elles n'ont été publiées dans une revue scientifique qu'en 1953 ! (De nos jours, les chercheurs publient bien plus rapidement leurs découvertes, parfois même avant d'être certains de leurs résultats...).

Pendant le cours...

Questions d'élèves

Celui qui veut se faire bien voir

On peut faire l'expérience avec les algues unicellulaires ?

On trouve ces algues facilement, mais il en faut beaucoup (car elles résistent souvent mal à l'expérience), un aquarium d'eau de mer et être habile! De plus, il ne faut pas être pressé: le transfert de noyau doit se faire lorsque la cellule est jeune, et il faut des mois avant que le «chapeau» ne se forme.

Celui qui cherche des poils aux oeufs

Si on change les noyaux avant qu'il y ait un chapeau, votre schéma, il est faux ?

 Pas du tout: un schéma ne décrit pas la réalité, il aide à comprendre en simplifiant et en soulignant l'essentiel.

Des résultats un peu trop parfaits

Si Mendel a permis d'avancer en utilisant les mathématiques pour décrire ses résultats, ces dernières ont aussi révélé, bien plus tard, un détail gênant: Mendel n'a pas utilisé un nombre suffisant de pois pour obtenir des résultats aussi « parfaits ». La seule explication est donc de supposer que les résultats publiés ont été « arrangés », donc, en fait, que Mendel a triché en modifiant un peu ses résultats. On ne sait pas si Mendel lui-même a « amélioré » ses résultats pour mettre en valeur les proportions qui se dessinaient dans ses résultats bruts, ou si les jardiniers qui l'aidaient ont mal trié les différents caractères en s'arrangeant pour trouver les proportions qui plaisaient à leur supérieur. On ne pourra pas le savoir puisque l'ensemble des documents originaux de Mendel a été détruit par son successeur au monastère, l'abbé Rambousek.

 Cette "amélioration" des résultats est assez courante en sciences, même de nos jours, mais doit demeurer dans certaines limites pour ne pas devenir de la fraude manifeste.



A RETENIR

Observations et expériences montrent que les caractères héréditaires sont liés à des paires d'éléments, les gènes, situés dans le noyau des cellules.

Première définition du gène: élément nucléaire correspondant aux caractères héréditaires (avec 2 gènes / 1 caractère)

Les conditions de vie peuvent modifier certains caractères, mais ils ne sont pas transmissibles

1 - Des caractères acquis ne peuvent pas se transmettre à la descendance.

Au cours de leur vie, les humains (et plus généralement tous les êtres vivants) vont acquérir des caractères à cause de l'influence de leur milieu.

Quelques exemples évidents:

- la langue que vous parlez dépend de celle parlée dans votre milieu: un enfant français élevé en Chine par des Chinois parlera... le chinois.
- Votre personnalité dépend elle aussi de votre milieu. Il est assez facile de comprendre que vous ne seriez pas la même personne si vous aviez été élevé depuis l'enfance dans une tribu de la forêt amazonienne ou dans une secte.
- Si vous apprenez un jeu comme les échecs (ou si vous faites du théâtre), il est possible que vous développiez votre mémoire de façon importante.
- Même la forme de votre corps peut être modifiée par votre milieu. Si le culturisme favorise un développement parfois exagéré des muscles, l'obésité est plus répandue et est souvent liée au milieu de vie, qui influe sur la façon de se nourrir.

Les caractères "acquis" ne se transmettent pas à la descendance: ce ne sont pas des caractères héréditaires.

Ainsi, nous ne transmettons pas de façon héréditaire le développement de notre musculature ou de notre mémoire, notre goût immodéré pour les frites ou la langue que nous parlons à nos enfants.

En effet, ces caractères en provenance du milieu ne peuvent pas modifier les gènes présents dans le noyau de nos cellules !

2 - Les conditions de vie modifient l'expression des caractères héréditaires.

Les caractères héréditaires forment un ensemble de départ qui est ensuite modifié pour chaque individu par le milieu: ils donnent à l'organisme des capacités d'adaptation à son environnement.

Ainsi, nous transmettons de façon héréditaire, par exemple, une large capacité d'apprentissage des langues à nos enfants. Selon leur milieu, cette capacité leur permettra d'apprendre une (ou plusieurs, parfois) langue. Le milieu de vie opère une véritable sélection parmi toutes les possibilités transmises de façon héréditaire.

Un exemple dramatique: les enfants sauvages.

On peut trouver la trace de 18 cas d'enfants abandonnés, maltraités, élevés totalement à l'écart d'une société humaine (par des animaux, des parents malades mentaux...).

Tous ont des difficultés à parler et marchent à quatre pattes. Des progrès sont possibles une fois qu'ils sont récupérés et éduqués (marche bipède, parole) mais restent très limités.

Quelles informations apportent ces cas sur les caractères héréditaires humains et ceux qui ne le sont pas ? (*Cherchez et rédigez vos réponses au brouillon avant de lire la suite!*)

Si on se base sur ces observations, on peut penser que ni le fait de marcher sur deux jambes ni la parole ne semblent être réellement héréditaires. Par contre, la capacité d'imiter le comportement des êtres vivants proches (loups, ours...) semble être héréditaire dans notre espèce.

 Une critique: le nombre de cas étudiés est trop faible pour pouvoir conclure, et les enfants abandonnés à des animaux souffraient peut-être de maladies mentales avant leur abandon. Il est donc difficile de se baser vraiment sur ces exemples.

 Conclusion: en science, des observations ne suffisent pas si elles ne peuvent pas être complétées par des expériences!

Résumé : Les caractères héréditaires sont transmis de génération en génération grâce aux gènes, unités situés dans le noyau des cellules. Les caractères acquis au cours de la vie d'un individu grâce à son milieu ne sont pas héréditaires puisqu'ils ne peuvent pas modifier les gènes.

Une particularité humaine: la transmission de la culture

Les êtres humains possèdent une particularité que l'on ne rencontre, à l'état beaucoup moins développé, que chez certains autres singes: ils possèdent une culture.

C'est un ensemble de pratiques et de connaissances qui sont transmises de génération en génération par des actes, puis par la parole, puis par l'écriture.

Ainsi, la culture permet d'assurer une transmission des connaissances acquises par une génération à une autre. Cela complique beaucoup l'étude des caractères héréditaires, car des comportements d'origine culturelle parentale peuvent alors passer pour des caractères héréditaires.

Exemple 1: la famille Bach

Entre le 16éme et le 18éme siècle, 22 membres de la famille Bach furent des musiciens remarquables. Cette capacité n'est pas héréditaire, mais est liée à une éducation donnée dans une famille de musiciens déjà célèbres.

Exemple 2: les enfants des profs...

Des études montrent que les enfants de professeurs réussissent mieux à l'école. Cette réussite n'est pas héréditaire, mais ils sont élevés dans une culture qui valorise le travail scolaire. De plus, ils sont facilement aidés par leurs parents !

Un peu de culture, justement.

Essayez de traduire (solution):

"Come on, poor babe
Some powerful spirit instruct the kites and ravens
To be thy nurses !
Wolves and bears, they say
Casting their savageness aside have done
Like offices of pity."

Shakespeare, The winter's tale, (acte II, scène 2)

Des films pour réfléchir

L'enfant sauvage (F. Truffaut, 1970)
Greystoke (H. Hudson, 1984)



Questions

1/Qu'est-ce qu'un caractère ?
2/Qu'est ce qu'un gène ?
3/Pourquoi certains caractères sont-ils héréditaires et pas d'autres ?
4/Où sont situés les gènes ?
5/Depuis le temps que l'on apprend les tables de multiplication, pourquoi ne naît-on pas en les connaissant ?
6/Qu'est-ce qu'une espèce ?
7/Tous les humains font-ils parti de la même espèce ?
8/Les humains sont-il des animaux ?
9/Qu'est-ce que le milieu ? Quelle est son influence ?

Colles

1/Comparer les caractères héréditaires et les caractères acquis.
2/Comment montrer que les gènes sont situés dans le noyau cellulaire ?
3/Expliquer pourquoi nous sommes à la fois semblables et différents de nos parents.

Exercices

1 - Les jumelles (4 pts)

Géraldine et Christine Robertson sont de vraies jumelles. Elles possèdent donc les mêmes gènes. Leur père souffrait d'une maladie, l'arthrite, qui cause des douleurs lors des mouvements. Pourtant, actuellement, seule Christine souffre d'arthrite.

Cette maladie est elle héréditaire ? (Justifier votre réponse)

2 - Streets of Philadelphia (4 pts)

Le syndrome de Crigler Najjar est une maladie extrêmement rare (1malade/1 million de naissances) causée par un défaut du foie qui ne peut pas éliminer une molécule, la bilirubine.

Pourtant, malgré cette rareté, 50 % des cas de malades aux USA touchent la petite population mennonite de Philadelphie. Les mennonites sont une secte dont les différents membres, depuis 16 générations, se reproduisent surtout entre eux.

Est-il possible que ce syndrome soit héréditaire ? (justifier votre réponse)

3 - Pêcheurs d'Islande

L'Islande a été peuplée à partir de quelques centaines de Viking et de Celtes au 9e siècle. Depuis, il n'y a quasiment pas eu d'immigration. Beaucoup d'habitants sont des pêcheurs ou des agriculteurs travaillant dans le froid et l'humidité.

En Islande, l'ostéo-arthrite (maladie des articulations provoquant des douleurs lors des mouvements) est cinq fois plus fréquente que dans les autres pays.

En soignant une de ses patientes pour cette maladie, le Dr Thorvaldur Ingvarsson découvre que 10 de ses 16 frères et soeurs souffrent de la même maladie.
Dans cette famille, au cours des 5 dernières générations, 700 personnes (femmes et hommes) ont souffert de la même maladie .

1- Cette maladie peut-elle être héréditaire ? -2 pts-
2- peut-elle être considérée comme un caractère acquis ? -4 pts-
Justifiez vos réponses en détaillant vos raisonnements.

4 - A la recherche du pharaon perdu

La reine Hatshepsout a été la première femme pharaon. Son règne, de 1503 à 1482 avant J.-C, fut une période de prospérité. Fille du souverain Thoutmôsis Ier, Hatshepsout épouse son demi-frère, le pharaon Thoutmosis II. A la mort de celui-ci, son héritier Thoutmosis III, né d'une seconde épouse, est trop jeune (5 ans) pour régner. La reine assure donc la régence puis se proclame pharaon. Thoutmosis III, partageant en théorie le pouvoir, ne l'exercera qu'après la mort de sa belle-mère, au bout de vingt-deux ans de règne. Il fera effacer des monuments les traces d'Hatshepsout et déplacera sa momie de son tombeau .

En 1903, l'archéologue H. Carter découvre 2 momies dans une tombe de la vallée des rois: 1 dans un sarcophage royal, censé être la nourrice de la reine, l'autre momie, abandonnée sur le sol, est celle d'une femme obèse de 50 ans environ. On découvre ensuite dans un puit, un vase contenant des organes de la momie de la reine, et dans un tombeau voisin 2 momies royales (dites la sereine et la suppliciée). Peut-être la reine est elle l'une de ces momies. En 2007, un scanner permet d'observer l'intérieur des momies sans les détruire. On cherche à savoir laquelle des quatre est celle de la reine. On dispose également des momies de Thoutmosis I et II.

1 - On découvre que Thoutmosis I et II souffraient d'une maladie de la peau.

Est il possible que cette maladie soit héréditaire ? (Justifier votre réponse) -4 pts-

2 – Parmi les 4 momies féminines, seule la momie abandonnée (obèse) montre la même maladie de peau.

21 - Est-il possible que cette momie soit celle de la reine (justifier votre réponse). -2 pts-

22 – Cette information suffit elle pour être certain que la momie abandonnée est bien celle d' Hatshepsout ? (justifier votre réponse) -4 pts-

Conseil: avant de répondre, faites un schéma montrant les liens de parenté...

5 - Avec des poils (5 pts)

En 1760, le botaniste J. Koelreuter étudie divers hybrides de tabac qu'il obtient à partir de croisements qu'il réalise. Certaines variétés de tabac possèdent des feuilles recouvertes de poils (qui peuvent même piquer comme des orties). Koelreuter constate que s'il croise une variété à feuilles velues avec un tabac à feuille glabre (c'est à dire sans poil, vous venez d'apprendre un mot qui vous permettra de faire le malin ce soir, au dîner), il obtient une première génération de plants de tabac hybride sans poils. Par contre, à la deuxième génération (obtenue en croisant les plantes de première génération entre elles), il constate que certains individus, minoritaires, possèdent, de nouveau, des poils sur les feuilles.

51 - Que peut-on déduire des observations de Koelreuter ?

52 - Que manquait-il à Koelreuter pour arriver aux mêmes découvertes que Mendel ?

Apprenez à bien rédiger

Corriger la phrase suivante, trouvée dans une copie d'élève qui a compris, mais est incapable de se faire comprendre:

" C'est dans noyau, ça se voit parce que Merlin il a remis un autre noyau et la plante elle a pousé comme celle qui a donné le noyau et pa comme été celle qui la reçu."

Corrections

Questions

1/ Un caractère correspond à toute caractéristique observable d'un individu.
2/ Un gène est un élément présent en double exemplaire dans le noyau de la cellule et correspondant à un caractère.
3/ Les caractères héréditaires sont transmis lors de la reproduction car ils correspondent à des gènes, ce qui n'est pas le cas des caractères acquis, en provenance du milieu, et qui eux ne sont pas "supportés" par des gènes, ce qui explique qu'ils ne sont pas transmis.
4/ Les gènes sont situés dans le noyau des cellules.
5/ Il n'existe pas de gène "tables de multiplication ", les savoir est un caractère acquis dont non transmissible à sa descendance par la reproduction sexuée.

6/ Une espèce est un ensemble d'individus susceptibles de se reproduire entre eux pour obtenir des individus fertiles (1) Dans une même espèce, les individus possèdent un très grand nombre de gènes en commun.
7/ Tous les humains font parti de la même espèce car tous peuvent se reproduire, potentiellement, entre eux.
8/ Les humains sont des animaux: jetez des bonbons dans la cour du collège ou dans la cage de chimpanzés, et observez les résultats !
9/ Le milieu est l'environnement (physique mais aussi, pour les humains et les autres animaux qui vivent en groupe, social et culturel) dans lequel vit un individu. Le milieu va permettre l'acquisition de caractères qui ne seront pas transmis de façon héréditaire.

Colles

1/Comparer les caractères héréditaires et les caractères acquis.

 *Quand on vous demande de comparer, le mieux est de réaliser un tableau comparatif. Vous organisez vos infos au brouillon, ensuite seulement vous tracez votre tableau. Cela devrait donner quelque chose comme ça:*

caractère	héréditaire	acquis
origine	gènes	milieu
support	éléments nucléaires (2)	l'individu
transmis par la reproduction	oui	non

2/Comment montrer que les gènes sont situés dans le noyau cellulaire ?

Détailler les indices, puis l'expérience de Hammerling et ses conclusions.

3/Expliquer pourquoi nous sommes à la fois semblables et différents de nos parents.

Nous sommes semblables à nos parents car nous faisons partie de la même espèce, nous provenons de l'union d'un spermatozoïde et d'un ovule qui nous ont transmis des gènes venant de nos parents.

Nous sommes différents de nos parents car l'histoire de notre développement, dans notre milieu, est unique. Nous verrons qu'il y a aussi d'autres raisons (cf. p.15) pour lesquelles nous sommes uniques.

Eh oui, en Sciences, toute réponse n'est que provisoire…

Remarques

1- Fertile signifie simplement qui est capable de se reproduire. On parle aussi d'une terre fertile, par exemple, pour dire qu'elle est capable de bien nourrir les plantes et ainsi permettre de produire de nombreux fruits.

2 - Nucléaire veut dire "qui vient du noyau". Ici, bien entendu, on parle du noyau de la cellule et non pas, comme en Physique, du noyau de l'atome !

Exercices *(j'ai coloré les mots qui signalent que l'on a bien affaire à un raisonnement de type scientifique).*

1– Les jumelles

Si la maladie était héréditaire, alors Géraldine et Christine devraient soit en souffrir toutes les deux, soit ne pas être touchées toutes les deux puisqu'elles possèdent les mêmes gènes. Comme seule Christine souffre d'arthrite, on peut en conclure que cette maladie n'est pas héréditaire.

2- Streets of Philadelphia

La population mennonite est très touchée par cette maladie qui normalement est très rare. Si cette maladie est héréditaire, alors on peut expliquer cette particularité en supposant qu'un des ancêtres des mennonites était malade. Comme ils se reproduisent entre eux, le caractère «malade», rare ailleurs, n'est pas «sorti» de cette population et il réapparaît bien plus souvent qui si les mennonites se reproduisaient avec d'autres personnes qui n'ont pas les mêmes ancêtres. Il est donc possible que ce syndrome soit héréditaire.
(ce n'est pas certain, car on peut aussi imaginer que leur mode de vie particulier, comme membre de la secte, soit à l'origine de cette maladie, par l'alimentation par exemple)

3 Pêcheurs d'Islande

31 – Les Islandais descendent tous des premiers Vikings et Celtes : beaucoup ont donc les mêmes ancêtres. De plus, on constate que l'ostéo-arthrite est fréquente à la fois dans le pays lui-même et à l'intérieur d'une même famille. Si la maladie est héréditaire, alors il est logique qu'on la retrouve souvent dans une même famille et dans tout le pays, puisque des familles différentes ont les mêmes ancêtres qui eux aussi devaient être malades.
L' ostéo-arthrite peut donc être héréditaire.

32 - Beaucoup d'habitants sont des pêcheurs ou des agriculteurs travaillant dans le froid et l'humidité. Ils ont donc des conditions de vie identiques. Peut être que la maladie est « acquise » et se retrouve dans la population simplement parce que leur milieu de vie est identique, dur pour les articulations et les rend plus sensible aux maladies que dans d'autres pays.
Dans une même famille, la maladie est fréquente, mais si les membres de la famille effectuent le même travail (tous pêcheurs ou agriculteurs) ils ont le même mode de vie et cela permettrai d'expliquer la fréquence de la maladie.

Remarque: on ne peut donc pas conclure, car nous n'avons pas assez d'informations. Comme les femmes d'une famille sont touchées également alors qu'en général elles ne font pas le même métier que les hommes (donc n'ont pas tout a fait le même milieu de vie), on peut penser que la maladie est héréditaire.

4 - A la recherche du pharaon perdu

41 - Comme Thoutmosis I est le père de Thoutmosis II, il est possible que cette maladie de la peau soit héréditaire et se soit donc transmise du père au fils.

421 – Il est possible que la momie ayant eu cette maladie de peau soit bien celle d' Hatshepsout puisque cette dernière était la fille de Thoutmosis I, malade lui aussi. Si la maladie est héréditaire, alors la momie peut être celle de la reine.

422 – L'existence de cette maladie commune ne suffit pas pour être certain que la momie abandonnée est bien celle d'Hatshepsout. En effet:

- la maladie n'est peut-être pas du tout héréditaire, mais pouvait être très répandue dans l'ancienne Egypte. Si beaucoup de personnes en souffraient, ils pouvaient se contaminer, et ce n'est pas étonnant, alors, de trouver les membres d'une même famille souffrant de la même maladie sans qu'elle soit héréditaire.
- Même si la maladie est héréditaire, il est possible que la momie retrouvée soit celle d'une autre personne de la famille de Thoutmosis I: une autre de ses filles, une de ses tantes, une cousine…

5 - Avec des poils

51 - Les observations de Koelreuter montrent qu'un caractère peut rester masqué pendant une génération. Cela montre que dans la reproduction, ce ne sont pas les caractères qui se retrouvent directement chez les descendants (puisque le caractère «poils sur les

feuilles» disparaît), mais des «supports» qui peuvent rester masqués et resurgir, avec les caractères correspondants, une génération plus tard. *(A l'époque de Koelreuter, ces observations contredisaient l'idée, commune, selon laquelle chaque partie du corps de la plante se reproduisait «directement, à l'identique...).*

52 - Pour que Koelreuter arrive aux mêmes découvertes que Mendel, il aurait fallu, principalement, qu'il soit bien plus précis et qu'il dénombre exactement les proportions des différents caractères selon les générations.

Traduction

"Viens, pauvre enfant,
Puisse quelque génie puissant
dresser milans et corbeaux
A te servir de nourrices !
On a vu, dit-on, des loups et des ours,
Se dépouiller de leur sauvagerie
Pour répondre à semblable devoir
de compassion."
Ce qui illustre l'existence, connue dès l'antiquité, d'enfants abandonnés "élevés" par divers animaux.

Rédaction

Les gènes sont dans le noyau, cela se voit parce qu'Hammerling a mis un autre noyau dans une cellule et cette cellule s'est développée comme celle qui a donné le noyau (un schéma légendé aurait permis de répondre plus facilement à cette question)

TEST RAPIDE: HEREDITE 1

Cochez la ou les cases correspondant à la ou aux réponses exactes. Attention, plusieurs réponses peuvent être exactes pour chaque question. Ne trichez pas !

1 - Les cellules
- ☐ se retrouvent chez tous les êtres vivants
- ☐ caractérisent les végétaux
- ☐ se rassemblent pour former des molécules
- ☐ contiennent du cytoplasme
- ☐ sont des êtres vivants

2 - Nous sommes tous des...
- ☐ animaux
- ☐ mammifères
- ☐ singes
- ☐ vertébrés
- ☐ pluricellulaires

3 - Un caractère héréditaire
- ☐ est toujours transmis à la descendance
- ☐ se mélange avec d'autres au cours de la reproduction
- ☐ peut provenir du milieu de vie de l'individu
- ☐ leur répartition conditionne l'hérédité
- ☐ se superpose à d'autres au cours de la reproduction

4 - Le noyau cellulaire
- ☐ est absent des ovules
- ☐ contient le ou les supports de l'hérédité
- ☐ constitue l'essentiel d'un spermatozoïde
- ☐ peut parfois être échangé entre cellules différentes
- ☐ est présent dans toutes les cellules

5 - Un enfant humain élevé par des loups:
- ☐ cela n'existe pas
- ☐ devient un humain normal
- ☐ devient un loup
- ☐ essaye de se comporter comme un humain, car ses gènes le commande
- ☐ essaye de se comporter comme un loup, car son milieu le commande.

6 - Les caractères acquis:
- ☐ prennent leur origine dans le milieu de vie
- ☐ se transmettent à la descendance
- ☐ sont contenus dans le noyau des cellules
- ☐ ne sont pas héréditaires
- ☐ correspondent aux gènes

7 - Les expériences de Mendel ont montré:
- ☐ que le noyau contient les gènes
- ☐ que les caractères acquis sont héréditaires
- ☐ que les caractères se mélangent au cours de la reproduction
- ☐ que chaque caractère correspond à deux supports
- ☐ que les caractères héréditaires se superposent sans se mélanger

8 - Un individu :
- ☐ est constitué de cellules
- ☐ possède des gènes
- ☐ est entièrement défini par le noyau de ses cellules
- ☐ se définit aussi par son milieu de vie
- ☐ deux vrais jumeaux sont un seul individu

9 - Un gène:
- ☐ est une cellule
- ☐ est une molécule
- ☐ est le support d'un caractère héréditaire
- ☐ il y a deux caractères pour un gène
- ☐ il y a deux gènes pour un caractère

10 - Une cellule reçoit un noyau qui n'est pas le sien:
- ☐ elle meurt
- ☐ son cytoplasme transforme le noyau
- ☐ le nouveau noyau transforme la cellule
- ☐ rien ne se passe
- ☐ elle se divise

Solutions commentées:

1:1,4,5. Rappelez vous que les cellules sont constituées de molécules, pas l'inverse !

2: Tout est bon. Oui, nous faisons bien parti de l'honorable famille des singes...

3: 4,5. Oui, le 1 est un piège: ce qui est transmis, c'est le <u>support</u> du caractère, et pas toujours le caractère. Car sinon, comment expliquer la disparition apparente de caractères (la couleur des pois de Mendel, les poils sur les feuilles de tabac de Koelreuter...), à la première génération, qui réapparaissent ensuite ?

4: 2, 3, 4, 5
5: 5
6: 1, 4
7: 4, 5

8: 1, 2, 4. Les jumeaux sont des individus différents, même s'ils sont génétiquement identiques !

9: 3, 5

10: 3. Lorsque l'on réalise ce type d'expériences, beaucoup de cellules meurent, donc on pourrait croire que le 1 peut être exact. Toutefois, de la façon dont la question est posée, si on coche 1, cela veut dire que la cellule meurt <u>obligatoirement</u> à la suite d'un transfert de noyau, ce qui est faux.

«Chacun d'entre nous est une biographie, une histoire, un récit singulier, qui s'élabore en permanence, de manière inconsciente, par, à travers et en nous, à travers nos perceptions, nos sentiments, nos pensées, nos actions; et également par nos récits, nos discours. Biologiquement, physiologiquement, nous ne sommes pas tellement différents les uns des autres; historiquement, en tant que récit, chacun d'entre nous est unique.»
Oliver Sacks, neurologue, <u>l'homme qui prenait sa femme pour un chapeau</u>, éd. points essai, p.148

Nom & prénom: C D C

EVALUATION 1- Hérédité et gènes

1 (4 pts) Définir les termes suivants: Caractère héréditaire, Gène

2 Les jumelles

Géraldine et Christine Robertson sont de vraies jumelles. Elles possèdent donc les mêmes gènes. Leur père souffrait d'une maladie, l'arthrite, qui cause des douleurs lors des mouvements. Pourtant, actuellement, seule Christine souffre d'arthrite.

Cette maladie est elle héréditaire ? (Justifier votre réponse) -(4 pts)-

3 Les jumeaux

Le document A ci-contre (extrait de la revue "Science" du 23/09/2005) décrit les empreintes digitales de deux vrais jumeaux (individus possédant les mêmes gènes).



31(2 pts) Les empreintes sont elles identiques ? (marquer les différences si elles existent)

32 (2pts) Quelle hypothèse peut-on alors faire au sujet de l'influence des gènes ?

33 (2pts) peut-on alors parler d'un "gène de l'intelligence"? D'un "gène du crime"? Justifiez votre réponse.

4 - Le camarade Lyssenko

Au milieu des années 1930, l'agronome soviétique Trofim Lyssenko affirme pouvoir transformer le blé d'hiver (rentable, mais qui doit germer avant l'hiver) en blé de printemps (qui germe tout de suite). Pour cela, il expose les graines au froid, et déclare que le froid « transforme » les graines, et que cette transformation est devenue héréditaire. Il affirme que d'autres végétaux et animaux d'élevage peuvent aussi être améliorés par l'action du milieu, les changements provoqués devenant rapidement héréditaires.

Obtenant la confiance de Staline, il fait éliminer ses opposants puis ensemencer les plaines sibériennes de milliers d'hectares de son blé « amélioré » qui ne germera jamais. Il sera ainsi à l'origine de famines qui causeront plusieurs millions de morts. Il poursuivra ses travaux jusqu'en 1962, falsifiant tous ses résultats.

Expliquez pourquoi Lyssenko a échoué. Vous détaillerez votre raisonnement. (4 pts)

5 – Comment démontrer que les gènes sont situés dans le noyau des cellules ? (2 pts)

EVALUATION 1- Hérédité et gènes: correction commentée.

Première chose à faire: lire entièrement le sujet pour avoir une idée du travail global à faire, du temps à y consacrer et voir comment est construite l'évaluation. Souvent, des indications vous sont données qui peuvent vous aider à répondre à certaines questions, ou qui vous montrent les limites d'un sujet.

1 (4 pts) *Définir les termes suivants: Caractère héréditaire, Gène*
Ici, le prof veut des définitions. Il faut donc répondre à la question: qu'est ce que c'est un caractère héréditaire, qu'est ce que c'est un gène ?
C'est une question à 4 points, vous pouvez donc y consacrer du temps. Combien? Simple: si vous avez 45 mn pour faire votre évaluation sur 20 points, cela signifie que chaque point représente 45/20= 2,2 mn. Comme vous perdrez du temps, qu'il faudra vous relire en entier et bien lire le sujet, comptez 2mn/point. Vous avez donc 8 mn pour traiter cette question. Cela veut dire que vous avez le temps de faire un brouillon et de le recopier clairement. Les réponses? Non, mais vous avez lu ce manuel ou pas? Allez voir page 2 et page 3.

2 Les jumelles (4 pts) Ici aussi, 8 mn à consacrer aux aventures de Géraldine et Christine. Vous avez déjà, bien entendu, essayé de faire cet exercice et lu sa correction p. 5. Non ? Alors qu'est ce que vous faites ?

3 Les jumeaux : Une indication importante dans le texte: empreintes digitales de **deux vrais jumeaux = individus possédant les mêmes gènes**.
31(2 pts) Une réponse rapide: pour rédiger clairement, on recopie le début de la question:
Les empreintes des jumeaux ne sont pas identiques (cela se remarque en particulier au "centre" des empreintes - voir document). On n'oublie pas de signaler les différences sur le document.



32 (2 pts) *Quelle hypothèse peut-on alors faire au sujet de l'influence des gènes ?* **Les jumeaux possèdent les mêmes gènes, pourtant leurs empreintes sont différentes. Les empreintes digitales ne sont donc sans doute pas des caractères liés aux gènes.** Là, vous avez répondu, mais il n'est pas interdit de continuer à réfléchir en utilisant ce que vous savez par ailleurs:
Pourtant, on dit que chaque individu possède ses propres empreintes (c'est même utilisé par la police). On peut donc penser que l'influence des gènes peut être modifiée par le milieu de vie puisque la seule différence entre les vrais jumeaux c'est leur milieu de vie.

33 (2 pts) *peut-on alors parler d'un gène de l'intelligence? d'un gène du crime? Justifiez votre réponse.* Le mot "alors" signifie que cette question est liée à la précédente, donc à votre réponse. Comme il faut justifier la réponse, on ne peut pas se contenter de répondre par oui ou non, il faut expliquer, mais rapidement vu que la question n'est que sur 2 points: **comme l'influence des gènes peut être modifiée par le milieu de vie, on ne peut pas vraiment parler d'un gène de l'intelligence ou du crime. En effet, on peut penser que l'intelligence ou la criminalité dépendent plus du milieu de vie et de l'histoire des individus que de leurs gènes: les enfants d'un criminel ne deviennent pas obligatoirement des criminels, les enfants d'une personne reconnue intelligente ne le deviennent pas forcément !**

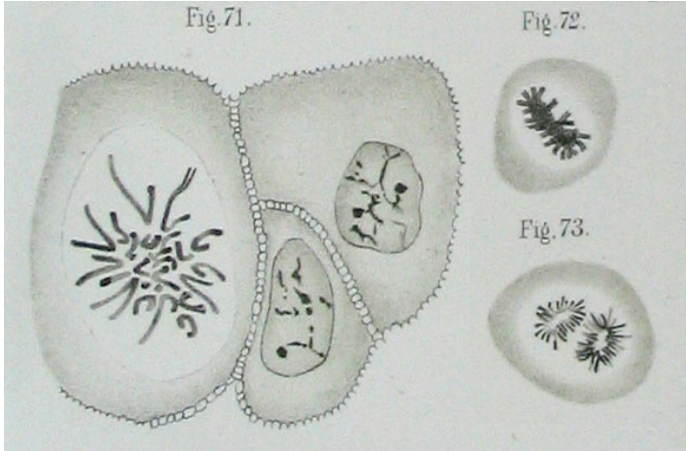
4 - Le camarade Lyssenko

On dispose ici de 8 min pour donner une explication sur l'échec de Lyssenko, en détaillant notre raisonnement. Lisons le document, que retenir? Un Soviétique en 1930 pensait que si des graines de blé était exposées au froid elles allaient germer et **transmettre leur résistance à leurs "enfants"** (les autres graines), et que, finalement, " végétaux et animaux d'élevage peuvent aussi être améliorés par l'action du milieu, **les changements provoqués devenant rapidement héréditaires**." Il a semé son blé qui n'a pas poussé et de nombreuses personnes en sont mortes de faim.
Si vous avez étudié (et j'espère, sinon pourquoi avoir ouvert ce manuel ? Il n'y a même pas de photos dedans!) vous voyez qu'il s'agit d'un problème de transmission des caractères acquis. Vous pouvez alors facilement répondre:
Lyssenko pensait que des caractères acquis en réponse à des conditions du milieu (ici la résistance au froid) pouvaient devenir héréditaires. Mais m^me si quelques graines résistent au froid, elles ne transmettent pas cette résistance à leurs "enfants ": elles ont déjà leurs gènes avant le traitement par le froid, et le froid ne les modifie pas: cette résistance est un caractère acquis, non transmissible. Ni les plantes ni les animaux de Lyssenko ne pouvaient transmettre des caractères liés à des gènes qui n'existent pas, ce qui explique pourquoi les graines "améliorées" n'ont pas pu germer en quantité: elles n'étaient pas plus résistantes que leurs parents! C'est pour cacher cet échec que Lyssenko a dû falsifier tous ses résultats.

5 – *Comment démontrer que les gènes sont situés dans le noyau des cellules ?* 2 points facilement et rapidement gagnés en décrivant par un texte ou, mieux, un schéma, les expériences d'Hammerling !

L'information héréditaire est portée par des gènes situés sur les chromosomes, dans le noyau des cellules

À la fin du 19e siècle, les progrès de la microscopie et de la chimie des colorants permettent d'observer, dans le noyau de certaines cellules, des filaments. W Flemming, en 1882, est le premier à dessiner ces filaments.



Dessin original du Pr. d'anatomie W. Flemming en 1882. Il a coloré des cellules de cornée (partie de l'oeil) humaines avec de la safranine et du chrome, et il observe dans certaines cellules des filaments visibles juste avant que la cellule ne se divise (fig. 72 puis 73).

Comme ces filaments se colorent facilement, on leur donne le nom de "corps colorables", ce qui permet de les appeler, à partir des mots grecs chromos (couleur) + soma (corps), les chromosomes. On peut les observer dans toutes les cellules.

Le noyau des cellules contient des chromosomes

1- Les chromosomes sont observables juste avant la division cellulaire

Les chromosomes se répartissent entre les deux cellules filles (1) au moment de la division d'une cellule. Cette observation, entre autres, donne l'idée au biologiste W Sutton, dès 1903, que les chromosomes sont liés aux gènes. Mais, quand une cellule se divise, d'autres éléments sont transmis: du cytoplasme, d'autres éléments du noyau...

D'autres observations établissent que, dans une même espèce, le nombre de chromosomes par cellule est constant. Par contre, les gamètes contiennent deux fois moins de chromosomes que les autres cellules de l'organisme (2).

Dans une cellule, les chromosomes ont une taille particulière qui permet de les grouper. On constate alors que l'on peut les regrouper par paires: **un individu possède 2 n chromosomes** (n= nombre de paires). Chez les humains, on trouve 23 paires de chromosomes (3). Les chromosomes sont toujours présents dans le noyau, mais deviennent visibles en période de division cellulaire car ils se condensent. Dans une même espèce, tous les individus possèdent le même nombre de chromosomes dans leurs cellules (4).

On a donc avec les chromosomes des éléments nucléaires présents par paires et qui se transmettent de cellule en cellule : ils répondent donc à notre première définition du gène.

Mais il y a un problème: si les chromosomes sont les gènes, ils ne sont pas assez nombreux ! avec 46 chromosomes, on peut avoir 46 caractères différents, mais il y en a des milliers à transmettre !

À cause de cette objection, les idées de Sutton ne sont pas tout d'abord pas prise au sérieux. Il faudrait pour cela pouvoir établir directement une correspondance entre un ou plusieurs caractères et un chromosome...

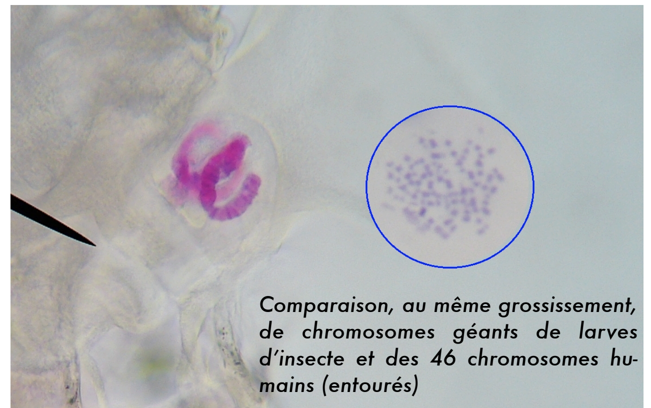
Les explorateurs des chromosomes

Ernst Abbe (1840 - 1905)
En 1873, le physicien Abbe étudie l'optique et perfectionne le microscope en inventant le condenseur, élément qui permet d'obtenir un meilleur éclairage des préparations et qui facilite l'observation de structures de petite taille, comme les chromosomes. Il est aidé par Carl Zeiss, fabricant de lentilles, et Otto Schott, chimiste inventeur de verres aux propriétés révolutionnaires.
Le progrès des techniques et des instruments est indispensable pour le progrès des connaissances!

W Sutton (1877 - 1916)
Sutton travaille à New York sur les formes de vies marines, c'est un spécialiste de la formation des gamètes.
Dès 1902, il déclare " *the association of paternal and maternal chromosomes in pairs and their subsequent separation... may constitute the physical basis of the Mendelian law of heredity.*" Bien entendu, vous allez traduire cela sans peine ! (correction)

T.H. Morgan (1866-1945)
Professeur de zoologie en 1904, il étudie la formation des embryons d'insecte et critique les résultats de Mendel. En 1910, il découvre une modification des caractères d'une mouche qui le conduit à confirmer les résultats de Mendel et a montrer que les gènes sont contenus sur les chromosomes.
Morgan a créé une équipe de recherche renommée. Prix Nobel en 1933

Nettie Stevens (1861 - 1912)
Une des premières femmes scientifiques, ancienne institutrice et élève de Morgan, découvre en 1905 le chromosome Y humain.



Comparaison, au même grossissement, de chromosomes géants de larves d'insecte et des 46 chromosomes humains (entourés)

1 - les cellules n'ont pas de sexe ! On considère que la cellule qui se divise est la "mère" de deux cellules qui sont donc ses "filles" puisqu'elles pourront se diviser à leur tour. C'est juste une convention de langage.

2 - Ce qui est logique vu que ces cellules sont vouées à se rencontrer... Nous examinerons tout cela en détail au prochain chapitre.

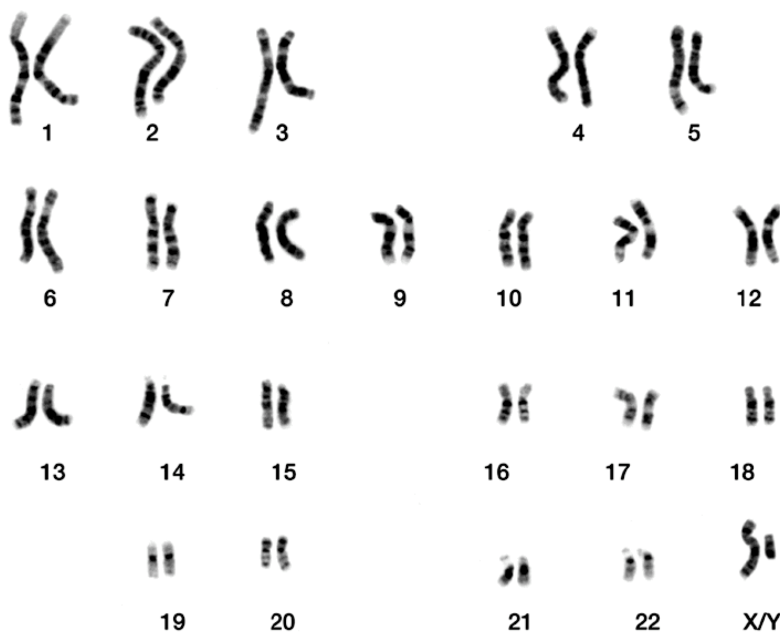
3 - Ce nombre n'a rien de spécial. Les chimpanzés possèdent 48 chromosomes, une espèce de cerf en a aussi 46, les iris 84 et les chats 38 ...

4 - Des exceptions seront découvertes entre les mâles et les femelles d'une même espèce, chez les insectes en particulier, où un sexe peut posséder un chromosome supplémentaire par rapport à l'autre.

2- L'aspect et le nombre des chromosomes peuvent être reliés à des caractères héréditaires

Au début du 20e siècle, le spécialiste des embryons T.H. Morgan travaille, à New York, sur le développement des mouches "drosophiles". Il observe avec surprise l'apparition de nouveaux caractères et se rend compte que leur répartition, dans des générations successives, peut s'expliquer si les gènes correspondant à ces caractères sont bien présents sur les chromosomes de cette mouche. En 1911, une confirmation est apportée par la découverte d'une mouche à oeil blanc (au lieu du rouge normal): seules les mouches porteuses d'un chromosome spécial (dit "X") sont porteuses de ce caractère, qui se transmet comme se transmet ce chromosome: on a un indice supplémentaire (1) du lien entre chromosomes et gènes.

Quelques années plus tard, on découvre qu'un poison violent, la colchicine, stoppe les divisions des cellules: il devient possible d'observer facilement les chromosomes, de les compter, les dessiner, les photographier et les classer. La représentation ordonnée de l'ensemble des chromosomes d'une cellule est son caryotype.



Caryotype (2) d'un humain mâle. Les chromosomes sont artificiellement rangés par paires de tailles décroissantes. La dernière "paire" rassemble ici des éléments différents, les chromosomes sexuels X et Y

Très rapidement, la comparaison du caryotype des cellules permet plusieurs observations:

- La taille et la forme de certains chromosomes conditionnent le sexe de l'individu. Il s'agit des chromosomes sexuels nommés X et Y. Chez les humains (et tous les mammifères) un individu possédant les chromosomes XX est une femelle et celui qui possède un seul chromosome X accompagné du petit chromosome Y est un mâle. La présence de ces chromosomes conditionne donc non seulement la morphologie mais aussi l'anatomie et le psychisme de l'individu. Tout un ensemble de caractères est donc lié à la présence du chromosome Y.
- Un nombre anormal de chromosomes peut être relié à une maladie: c'est le cas du syndrome (3) de Down (anciennement appelé "mongolisme"): les individus qui en souffrent possèdent 3 chromosomes 21 et un ensemble de caractères tels qu'un retard mental, des malformations cardiaques et une forme du visage et des mains caractéristique. De plus, l'examen d'embryons qui ne se sont pas développés (avortements spontanés, ou fausses couches) montre que 30 % d'entre eux possèdent un nombre de chromosomes anormal. Le plus souvent, un nombre de chromosomes différent de 46 est donc fatal.
- Des colorations adaptées permettent de repérer des bandes colorées sur les chromosomes (voir photo du caryotype ci-dessus) Ces bandes ne sont le plus souvent identiques entre 2 chromosomes d'une même paire (4). Dans toutes les cellu-

Extraire la substance des chromosomes en 30 min dans la cuisine

Une activité à réaliser tranquillement chez vous en évitant de trop salir, et qui vous permettra de voir la substance des chromosomes déroulés (l'ADN lui-même, dont vous avez tant entendu parler....)

Il vous faut:
Un morceau d'être vivant (une banane, tiens, par exemple), de l'alcool, de l'eau, du liquide vaisselle, un filtre à café, une cuillère à café, une fourchette, du sel, une assiette creuse et un verre.

Comment faire ?
Manger la moitié de la banane, écraser le reste (on sépare les cellules) puis ajouter un peu de sel et écraser encore. Ajouter de l'eau pour avoir une bouillie bien liquide. Ajouter du liquide vaisselle et mélanger vigoureusement (on ouvre les membranes des cellules et des noyaux). Filtrer ensuite (cela peut être long). Faire couler lentement, le long de la cuillère, l'alcool qui ne doit pas se mélanger au filtrat, mais rester au dessus de celui-ci. Recouvrir d'un cm d'alcool. Il suffit d'attendre.

Que voit-on ?
Au bout de quelques heures, la substance des chromosomes migre à la limite entre eau et alcool, et vous la voyez sous forme de filaments blancs.

Et avec vos propres chromosomes ?

Remarques

1. Les indices précédents étant (allez, révisez un peu....) mais oui, la répartition des chromosomes et leur comportement similaire à celui attendu pour les "unités de Mendel"...
2. vient des mots grecs caryon (noyau) et typos (forme). En effet, on range les formes vues dans le noyau...
3. Un syndrome est un ensemble de plusieurs signes, les symptômes, que l'on retrouve toujours associés dans une maladie.
4. Les chromosomes d'une même paire sont dits homologues (mot, qui, bien sûr, vient du grec - vous commencez à avoir l'habitude): homo = pareil, logos = forme.

les d'un individu, on retrouve les mêmes alternances de bandes (comme un code-barre) sur les mêmes chromosomes.

Toutes ces observations peuvent s'expliquer si on considère que les gènes sont dans les chromosomes. On passe de l'idée "un gène = un chromosome" qui posait le problème du nombre insuffisant de chromosomes pour tous les gènes nécessaires, à l'idée "un chromosome = un ensemble de *plusieurs* gènes", ce qui règle le problème. Il manque encore une observation décisive liant un morceau de chromosome à un gène, donc à un caractère.



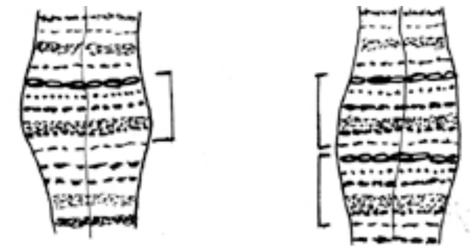
Chromosomes géants (x400) dans une cellule de glande salivaire d'insecte. La coloration met en évidence une alternance de bandes sombres ou claires le long des chromosomes.

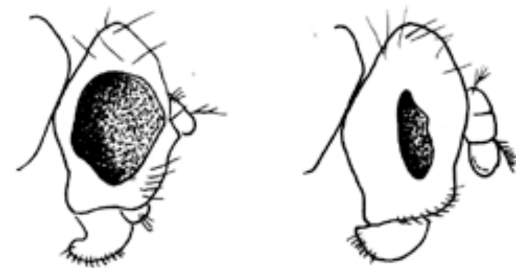
Les chromosomes portent les gènes

Le secret des mouches

Les mouches étudiées par Morgan allaient apporter l'observation manquante. Les mouches se nourrissent en aspirant des liquides. Elles produisent beaucoup de salive, et possèdent donc des glandes salivaires. Certaines cellules de ces glandes ont des noyaux énormes permettant d'observer des chromosomes géants (photo ci-contre) facilement colorables, et que l'on peut voir en détail au microscope (il y a de grandes chances que votre professeur vous en ai fait observer).

En 1933, il devient possible de relier un caractère héréditaire à une portion de chromosome: on identifie sur certaines mouches un caractère héréditaire, la forme de l'oeil, qui peut être "normal" ou "réduit". En observant de façon détaillée les bandes présentes sur les chromosomes, on constate les changements représentés sur la figure ci-contre. Quels sont-ils ? (Allez, cherchez un peu et rédigez votre réponse, ça vous sera utile!).





Des modifications de certaines régions des chromosomes géants peuvent être reliées à des caractères héréditaires d'un individu (ici, la modification de la forme de la tête, avec réduction de la taille de l'oeil).

Sur un des chromosomes des mouches à oeil réduit, on remarque un changement : une suite de bandes (torsade- pointillés fin - pointillés gras - bande large - pointillés) est présente deux fois au lieu d'une seule ! Il existe donc une correspondance entre les bandes des chromosomes et un caractère héréditaire. On observe directement qu'un gène est un morceau d'un chromosome correspondant à un caractère héréditaire.

Nous avons là une autre définition du gène, plus précise, et à laquelle nous nous arrêterons (il existe d'autres définitions, de plus en plus précises, que vous découvrirez tout au long de vos études scientifiques, si vous ne faites).

Toutefois, comme vous avez bien étudié le chapitre précédent, vous savez que d'après la définition de Mendel le gène doit aller par paire. Comme les chromosomes vont par paires eux aussi, nous pourrions penser que pour coller à la définition de Mendel il suffit qu'on retrouve les mêmes gènes sur les chromosomes homologues. C'est le cas (*et nous avons bien pensé, ce qui prouve que l'on a compris, et que ce manuel n'est pas si mauvais*). Reste à préciser les relations de ces paires de gènes.

Un même gène est présent sous forme de 2 allèles semblables ou différents

Entre les **chromosomes** d'une même paire, les bandes sont le plus souvent en position identique: les chromosomes homologues portent les mêmes gènes au même emplacement. Dans chaque cellule, il existe donc 2 versions d'un même gène. Ces versions sont les **allèles** du gène.

Un allèle correspond à l'information correspondant au gène. Par exemple, si le gène est "couleur de l'oeil", les allèles disponibles peuvent être "rouge", "blanc", "noir" (vous avez deviné que je parlais des yeux...des mouches). Un seul individu peut porter au maximum 2 allèles différents pour le même gène (un sur chaque chromosome d'une paire).

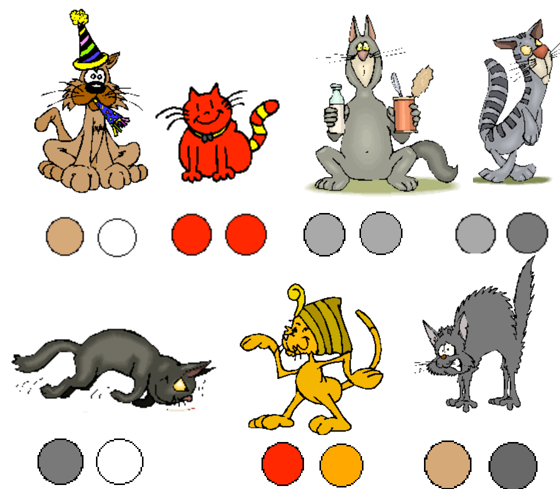
Mais dans une population, on peut trouver des dizaines d'allèles différents pour le même gène.



Une mouche drosophile, aussi appelée «mouche du vinaigre». Longueur 2,5 mm. Photo [A. Karwath.]

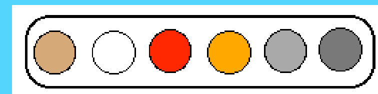
C'est clair ? En général, pas trop. Sur le schéma ci-contre sont symbolisés les allèles (sous forme de petits cercles colorés) correspondant à un éventuel gène "couleur du chat". Chaque individu possède 2 allèles seulement, identiques (chat rouge) ou différents (chat orange). Par contre, dans cette "population" féline, on trouve 6 allèles différents. Vous voyez aussi que tous les allèles ne sont pas égaux: dans un couple d'allèles, certains "s'expriment" ("donnent" une couleur alors que d'autres non. L'allèle qui s'exprime est dit dominant, celui qui ne s'exprime pas est dit récessif (il est "dominé" par l'autre).

L'exemple du chat orange nous montre que l'allèle "orange" domine l'allèle "rouge". "Orange" est dominant, rouge est récessif. Un allèle n'est dominant ou récessif que par rapport à un autre. Ainsi, l'allèle "marron clair", dominant par rapport à l'allèle "blanc" (premier chat) est récessif par rapport à l'allèle "gris foncé" (dernier chat).



Allèles d'une population

La population représentée compte 6 allèles différents:



Chaque individu ne possède que deux allèles, identiques ou différents.

Voici donc un autre exemple, plus réaliste, pour comprendre: les groupes sanguins.

Le gène "groupe sanguin" correspond en fait à l'information "accrocher une molécule à la surface des globules rouges". Dans la population humaine, il existe 3 allèles pour le gène groupe sanguin (gène situé sur les chromosomes de la paire n°9): l'allèle A (accrocher la molécule A), l'allèle B (accrocher la molécule B) et l'allèle O (ne rien accrocher). Chez un individu, on peut trouver un maximum de 2 allèles pour ce gène.

Écrivons toutes les possibilités (*allez, qu'est ce que vous attendez ? Faites-le ou brouillon, et vite! Combien de couples peut-on former avec trois éléments A,B et O ?*).

Vous devriez obtenir la liste suivante: AA,BB,OO,AO,OA, BO; OB, OO, AB. Les trois premières possibilités ne posent pas de problèmes, mais que se passe t'il pour, par exemple, le couple d'allèles AO ? C'est simple (vous avez déjà compris):

- l'allèle A va donner l'information "mettre la molécule A sur les hématies"
- l'allèle O dira de ne rien mettre sur les hématies

Donc, en fait, sur les hématies, on trouvera que les molécules A venant de l'information donnée par l'allèle A. Dans ce cas, l'allèle A est dominant: s'il est présent, c'est lui qui exprime son information. L'allèle O, lui, est récessif.

En procédant de la même façon pour les différents couples d'allèles, on peut construire le schéma ci-contre.

Paires d'allèles	Hématies	Groupe
Paire de chromosomes N°9 A A OU A O	A A A	A
B B OU B O	B B B	B
B A	A A B B	AB
O O		O

Les différents allèles (1) d'un gène collaborent donc pour construire les caractères correspondant à ce gène.

1) Mais d'où vient ce nom étrange et mystérieux ? Du mot grec "allèlon" qui signifie "l'un et l'autre", c'est à dire pour nous une version du gène et l'autre version du même gène...

Résumé : Les caractères héréditaires sont transmis de génération en génération grâce aux gènes, unités situées dans le noyau des cellules. Les caractères acquis au cours de la vie d'un individu grâce à son milieu ne sont pas héréditaires car ne peuvent pas modifier les gènes, qui sont des morceaux de chromosomes correspondant à un caractère héréditaire donné. Chaque gène est présent sous forme de deux versions correspondant à l'information qu'il contient. Ces versions sont les allèles du gène, on les retrouve sur les chromosomes homologues, au même emplacement.

Pendant le cours...

Questions d'élèves

Le (très) bon élève (énerve encore plus le prof)

Comme il y a deux allèles pour un gène, si il y a un allèle qui ne marche pas, l'autre peut le remplacer ?

En effet, la disponibilité de deux allèles par gène permet parfois de compenser un allèle inactif ou modifié par un autre qui lui ne l'est pas. C'est une sécurité qui favorise le bon fonctionnement des cellules.

Chez un garçon, comme il a XY comme chromosomes, les allèles du chromosome X qui ne marchent pas ne peuvent pas être compensés par ceux du Y, non ?

Tout à fait exact ! Les allèles présents sur le chromosome X chez le garçon sont en simple exemplaire, donc si certains allèles ne fonctionnent pas correctement, ils pourront causer, par exemple, des maladies qui toucheront principalement les garçons... C'est une très bonne idée pour un exercice (*le bon élève se fait huer par la classe....*)

L'ami des bêtes

Les animaux, ils ont les mêmes gènes que nous ?

Premièrement, je rappelle que nous sommes des animaux, et deuxièmement oui, on retrouve en grande partie les mêmes gènes chez tous les animaux. Les variations sont assez faibles, mais importantes, car elles servent de base pour classer les êtres vivants, comme vous l'avez vu en sixième (je sais, c'est loin) et peuvent aussi servir à étudier l'histoire des espèces (voir chapitre 3)

Tous les chromosomes ont-ils le même nombre de gènes ?

Non, c'est une question de place. En gros, plus le chromosome est grand et plus il contient de gènes.

Le curieux sans intérêt

On a combien de gènes ?

Difficile à dire avec précision. Les scientifiques considèrent actuellement que les êtres humains possèdent environ 30000 gènes. Ce chiffre est cependant révisé régulièrement, car beaucoup de recherches sont menées actuellement sur les gènes dans différentes espèces. Il y a quelques années, on pensait que les humains avaient environ 100000 gènes, mais c'était une erreur, et des résultats récents descendraient même autour de 26000 gènes "seulement". Ce n'est pas le nombre de gènes qui compte, mais la façon dont ils "travaillent" ensemble...

Le spécialiste du livre des records

Qui c'est qui a le plus de gènes ? Qui c'est qui en a le moins ?

Le plus grand nombre de gènes doit se trouver chez les plantes cultivées, mais le nombre précis est difficile à dire, car en fait elles copient plusieurs dizaines de fois les mêmes gènes...

Le minimum de gènes connu est celui d'un unicellulaire qui possède environ 400 gènes.

Des sites pour compléter, comprendre et réfléchir...



Une école canadienne présente divers exemples pour illustrer le vocabulaire de la génétique.

Un logiciel pour vous amuser à croiser des mouches drosophiles (versions démo gratuites - en anglais)

Une vidéo montrant la formation des chromosomes dans un noyau.

Divers films sur les chromosomes.

Amusez-vous à modifier les allèles des gènes de la mouche drosophile sur ses 4 paires de chromosomes, et appréciez le résultat.

Il est vivement recommandé de réfléchir davantage...

L'influence des gènes est majeure, indéniable, mais, pour autant, ils ne font pas tout et ne sont pas «responsables» de tout. Prenons l'exemple d'individus qui, génétiquement, sont tous très proches, voire identiques: les membres d'une colonie d'abeilles. Comme l'écrit le biologiste J.C. Ameisen* :

C'est la nature de l'alimentation qui transforme alors la larve (d'abeille) en ouvrière ou en reine. Ainsi, l'environnement «vivant» de la société dans laquelle se développe un embryon l'engage vers l'une ou l'autre de ses deux potentialités radicalement différentes: celle qui conduit à la stérilité et au vieillissement précoce (les ouvrières) *ou celle qui conduit à la fécondité et à la longévité* (les reines).

Cet exemple nous montre qu'il ne faut pas négliger les influences de l'environnement dans la construction de ce qui fait un individu.

*La sculpture du vivant, ed. point, 399

Avant d'aborder les exercices...

Certains exercices peuvent vous paraître difficiles. C'est fait exprès, leur but étant non seulement de vérifier si vous avez compris les notions présentées, mais aussi de vous faire utiliser ces notions pour résoudre des difficultés imprévues, de vous faire réfléchir en utilisant le cerveau remarquable (oui, vous le saviez, je le confirme) dont les hasards de l'évolution ont doté notre espèce. Cette activité est le propre du scientifique:

«*La motivation la plus profonde de la recherche scientifique n'est pas l'exploration de l'inconnu: l'inconnu est trop vaste. Tout chercheur part à la découverte de ce qu'il a déjà entrevu, ,imaginé, de ce qu'il pense présent mais caché aux regards. D'où l'importance en sciences des hypothèses, des théories, des paradigmes*, des constructions et des projections intellectuelles.*» (J.C. Ameisen - oui, j'aime bien cet auteur - La sculpture du vivant, ed. point, 237)

* Paradigme ? Que es aço ? Prenez le dictionnaire tiens (le gros bouquin moisi qui sert jamais) et cherchez par vous même, cela vous fera le plus grand bien (et vous aurez en plus un truc à raconter ce soir à la maison).

Questions

1/Qu'est ce qu'un allèle ?
2/Qu'est ce qu'un gène ?
3/Qu'est-ce qu'un chromosome ?
4/Où sont situés les gènes ?
5/Pourquoi le nombre de chromosomes d'une cellule est il toujours un nombre pair ?
6/Qu'est-ce qu'un caryotype ?
7/Pourquoi le nombre de chromosomes ne suffit-il pas à caractériser une espèce ?
8/Deux allèles peuvent ils être identiques chez un individu ?
9/Sous quelle forme les gènes sont-ils visibles sur un chromosome ?

Colles

1/Dessiner et légender un schéma décrivant les chromosomes.
2/Un gène possède 4 allèles A,B,C,D. établir toutes les combinaisons possibles de ces allèles chez un individu.
3/Quelles sont les observations qui ont permis de faire le lien entre les chromosomes et les gènes ?

Exercices

1 - Maïs encore... (4 pts)

Une plante, la téosinte est l'ancêtre du maïs cultivé. L'aspect de ces plantes est très différent, car la téosinte par exemple reste de petite taille et ne fabrique pas d'épi.

On a trouvé entre téosinte et mais aucune différence au niveau du nombre de chromosomes (20). Au niveau des gènes, il y a très peu de différences: seulement une dizaine de gènes environ ne sont pas identiques, et encore il s'agit davantage d'une différence d'allèles que de gènes.
Les deux plantes peuvent se reproduire ensemble et donner des hybrides.

Au vu de ces informations, comment pourriez-vous expliquer alors les différences entre ces deux plantes ? (*Rédigez de façon correcte une hypothèse plausible permettant de répondre à la question*).

2 - Chromosomes et cancer (6 pts)

Les cellules cancéreuses peuvent être maintenues en vie (cultivées) dans de simples boites. Nourries par un liquide, elles se reproduisent.
Une équipe de scientifiques a étudié le caryotype de 23 cellules cancéreuses provenant d'une femme, qui ont été examinées après 3 ans et 2 mois de culture (*d'après C. R. Acad. Sc. Paris, t. 274, p. 3438-3441 (19 juin 1972) Série D 32*)

Un autre examen, 8 mois plus tard, donne les mêmes résultats. Voici leurs conclusions :

- a) Aucune cellule ne possède un caryotype normal à 46, XX,
- b) Le nombre de chromosomes varie de 41 à 70, avec une majorité à 45 et 46.
- c) Dans toutes les cellules, l'un ou les 2 éléments de la paire 6 sont absents.
- d) Dans 22 cellules, l'un des chromosomes 20 est remplacé par un petit élément, qui peut correspondre à un 20, amputé de la moitié de ses bras

21 (1 pts) - que nous apprend l'observation a sur les cellules cancéreuses ?

22 (2 pts) - proposez une hypothèse, mettant en jeu la répartition des chromosomes, expliquant les observations b et c.

23 (2+1pts) - proposez une hypothèse permettant d'expliquer l'observation d. Que nous apprend cette observation sur les chromosomes ?

3 - United colors of cats (7 pts)

source :*http://www.afas-siamois.com/gene_o_tortie.html*

Des éleveurs s'intéressent à la coloration des chats : "Chaque cellule d'une chatte contient deux chromosomes X: un porteur de Xo (roux), l'autre de X+ (brun). Néanmoins, chaque cellule n'exprime qu'un seul de ses chromosomes X. L'autre est mis "en veilleuse" (inactivé) à un stade très précoce du développement embryonnaire. Une cellule va exprimer son chromosome Xo alors que sa voisine peut exprimer son chromosome X+.

Durant l'évolution de l'embryon, chaque cellule se multiplie et forme un petit clone de cellules, exprimant soit Xo, soit X+. Au niveau des cellules de la peau, certaines cellules expriment donc le roux, d'autres le "non roux", et cela de manière aléatoire. Le résultat visible est la coexistence de taches rousses et de taches brunes. "

31(2 pts) - Quel nom pouvez-vous donner au "o" et au "+" des chromosomes X ?

32 (4 pts) - À partir de vos connaissances et des informations fournies, expliquez pourquoi :
- La répartition des taches d'une femelle n'est pas transmise à ses chatons.
- Chaque chatte écaille possède un dessin unique, personnel et individuel.

Apprenez à bien rédiger

Corriger la phrase suivante, trouvée dans la copie de François Van Verenberg (élève qui a compris mais s'exprime difficilement):

" Les allèles, y sont dans le noyau, et entre eux c'est le fight. Il y en a un qui sera winner, pour l'autre c'est la loose, mais parfois, tous les deux, ils sont aware, et y vont bosser ensemble pour faire leur travail, sans fight."

Corrections

Questions

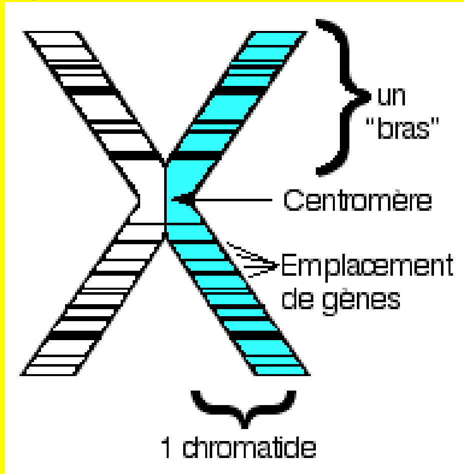
1/ Un allèle est une version d'un gène. Il correspond à l'information donnée par ce gène. Dans un individu, un gène est représenté par deux allèles.
2/ Un gène est un morceau (on peut aussi dire une région) de chromosome correspondant à un caractère héréditaire donné. Vous pouvez comparer cette définition à celle que nous avions auparavant (*élément présent en double exemplaire dans le noyau de la cellule et correspondant à un caractère*) pour voir comment, progressivement, on précise la notion de gène.
3/ Un chromosome est un filament contenant les gènes, dans le noyau cellulaire. Le plus souvent en forme de X, on peut l'observer lorsqu'une cellule va se diviser..
4/ Les gènes sont situés sur les chromosomes, dans le noyau des cellules.
5/ Le nombre de chromosomes est pair, car les chromosomes s'organisent par paires...
6/ Un caryotype est un rangement des chromosomes d'une cellule, dans lequel les chromosomes sont regroupés par paires, du plus grand au plus petit.
7/ Le nombre de chromosomes ne suffit pas à caractériser une espèce car il existe des espèces très différentes qui possèdent le même nombre de chromosomes. Per exemple, Hérissons et Chimpanzés possèdent tous deux 48 chromosomes. Ce qui compte, ce sont les gènes portés sur les chromosomes.
8/ Deux allèles peuvent être, en effet, identiques chez un individu.
9/ Sur un chromosome, les gènes peuvent apparaître, avec les colorations adéquates, comme des bandes sombres ou claires.

Colles

1/Dessiner et légender un schéma décrivant les chromosomes.

 *Un schéma scientifique comporte toujours un titre et une légende. Il sert à montrer clairement les choses, aussi il doit être assez grand et résumer le maximum de notions de façon claire. Le vôtre devrait donc ressembler à ça:*

Aspect d'un chromosome (chromatide colorée)



2/Un gène possède 4 allèles A,B,C,D. établir toutes les combinaisons possibles de ces allèles chez un individu.

Un individu possède deux allèles d'un gène. On répertorie donc toutes les possibilités de couples avec 4 éléments. Il y en a 2^4, soit 16. On en fait la liste: AA, BB, CC, DD (facile) puis AB, AC, AD et ses inverses BA, CA et DA. Viennent ensuite BC, BD et CB, DB; puis CD et DC.

3/Quelles sont les observations qui ont permis de faire le lien entre les chromosomes et les gènes ?

Nous avons vu que ces observations proviennent à la fois de l'étude du comportement des chromosomes pendant la division de la cellule et au cours de la fécondation mais aussi des observations des chromosomes des mouches drosophiles, que Morgan a pu relier à des caractères facilement observables (et transmis de façon héréditaire).

Exercices

(j'ai coloré les mots qui signalent que l'on a bien affaire à un raisonnement de type scientifique. Attention toutefois: il ne suffit pas de mettre dans un texte des "donc" et des "alors" au pif pour en faire un modèle de raisonnement scientifique!).

1 - Maïs encore (4 pts)

Ici, nous avons visiblement affaire à deux plantes d'aspect très différent mais possédant presque les mêmes gènes. Comme très peu de gènes sont différents alors nous devons nécessairement supposer que même une faible différence entre gènes peut causer d'importantes différences morphologiques. Tous les gènes ne sont donc pas "égaux", il y en a certains qui, à la moindre variation, provoqueront d'importants changements dans la forme des organismes, par exemple (vous creuserez ces aspects en seconde) .

On peut même remarquer que certaines combinaisons d'allèles, pour un seul gène, peuvent suffirent, d'après les informations fournies, pour provoquer d'importantes modifications des caractères (bon, là; j'avoue, c'était difficile de penser aussi aux combinaisons d'allèles...)

2 - Chromosomes et cancer (6 pts)

a) *Aucune cellule ne possède un caryotype normal à 46, XX,*
b) *Le nombre de chromosomes varie de 41 à 70, avec une majorité à 45 et 46.*
c) *Dans toutes les cellules, l'un ou les 2 éléments de la paire 6 sont absents.*
d) *Dans 22 cellules l'un des chromosomes 20 est remplacé par un petit élément, qui peut correspondre à un 20, amputé de la moitié de ses bras*

31 (1 pts) - L'observation a nous apprend que les cellules cancéreuses possèdent un caryotype anormal. La répartition des chromosomes ne se fait donc pas normalement quand ces cellules se divisent.

32 (2 pts) Les observations b et c s'expliquent si, lors de la division cellulaire, certains chromosomes restent dans une seule cellule fille, d'autres non. En particulier, il semble que le chromosome 6 ne soit plus présent en paire, mais seul: la cellule cancéreuse originelle s'est peut-être formée lors d'une division cellulaire qui a vu disparaître le chromosome 6...

33 (2+1pts) - L'observation d s'explique si le chromosome 20 a été déchiré lors d'une division. Cette observation nous apprend que les chromosomes sont fragiles, et peuvent être endommagés au cours d'une division. Elle montre aussi que tous les gènes ne sont pas indispensables à la vie de la cellule, mais que ceux qui manquent (portés par le chromosome 20, ou le 6) sont indispensables à un comportement cellulaire normal.

3 United colors of cat

31(2 pts) - Le "o" et au "+" des chromosomes X sont visiblement les deux allèles du gène "couleur du poil"

32 (4 pts) Une chatte comporte les deux chromosomes X, puisque c'est une femelle mammifère. Chaque chromosome X porte un allèle différent pour le gène "couleur du poil". Le point important est qu'apparemment un seul des deux chromosomes X est actif, et donc qu'un seul des allèles s'exprime. De plus, l'allèle qui va s'exprimer est choisi au hasard, ce n'est pas le même dans toutes les cellules (" *Une cellule va exprimer son chromosome Xo alors que sa voisine peut exprimer son chromosome X+*"). Puisque dans l'embryon le "choix" de l'allèle qui va s'exprimer se fait au hasard selon les cellules, il ne peut pas être le même entre une chatte et ses petits, ni entre ses petits d'ailleurs: la répartition des taches d'une femelle ne peut donc pas être transmise à ses chatons.

- La répartition des allèles o ou + actifs dans les cellules de la peau se fait au hasard: ce n'est donc pas un caractère héréditaire. La couleur du poil dépend de ces allèles, et se retrouve donc choisie au hasard pour chaque cellule. On obtient donc une répartition des couleurs sur la peau qui est une possibilité parmi des millions d'autres (car il existe des millions de cellules de peau avec 2 possibilités pour chacune). La répartition des couleurs sur la peau ("dessin") de chaque chatte est donc bien unique, personnelle et individuelle.

Remarque: Ce genre de caractère lié au chromosome X, qui sera donc différent selon les mâles ou les femelles mammifères, est très étudié, car impliqué dans certaines maladies (et ils ont joué un rôle dans l'histoire de la découverte de l'activité des gènes).

Rédaction

Chaque gène est représenté par deux allèles, sur les chromosomes du noyau. Les allèles collaborent pour construire les caractères. Parfois, un seul d'entre eux s'exprime, c'est le dominant alors que l'autre est dit récessif. Parfois, les deux allèles fonctionnent ensemble harmonieusement"

Traduction:

L'association des chromosomes paternels et maternels en paires et leurs séparation ultérieure constituent la base physique des lois de l'hérédité découvertes par Mendel.

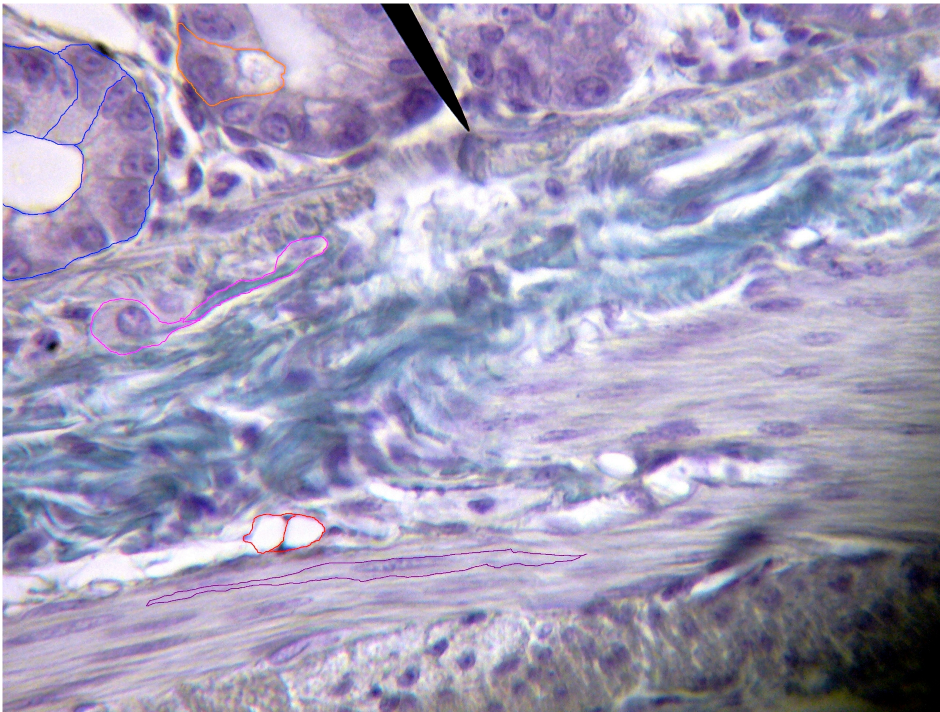
Une cellule n'exprime qu'une partie des gènes qu'elle contient

Si on réalise des caryotypes à partir de cellules différentes d'un même individu, on constate que tous sont identiques: les cellules de l'organisme ont le même caryotype. Cela signifie qu'elles possèdent donc toutes les mêmes gènes.

La seule exception concerne des cellules très spéciales, qui devront fusionner avec d'autres pour accomplir leur fonction: les gamètes (nous y reviendrons dans le chapitre suivant).

Toutes les autres cellules, les 10^{14} cellules de votre organisme, possèdent les mêmes gènes. C'est assez logique: toutes ces cellules ne sont que des copies de la cellule oeuf à l'origine de chaque individu. Cela motive deux remarques.

Remarque n°1: comment expliquer que nous ne sommes pas des tas de cellules-oeuf, mais que nous avons des organes spécialisés formés de cellules très différentes, qui ne se ressemblent pas et ne possèdent pas les mêmes propriétés ?



En effet, sur cette microphotographie d'une coupe d'intestin de rat (x 400) on distingue facilement 5 types de cellules très différentes:

Les cellules intestinales (entérocytes - cerclées de bleu, en haut à gauche); les cellules sécrétrices de mucus (cerclée d'orange); les cellules accumulant les graisses (adipocytes, deux sont cerclées de rouge): les cellules liant les autres entre elles (conjonctives, elles sont allongées et cerclées de roses) et les cellules musculaires en forme de fuseau (myocytes cerclé de violet). Si toutes ces cellules possèdent les mêmes gènes, pourquoi ont-elles des caractères si différents ?

Ce problème se résout facilement: il suffit de supposer que les cellules n'utilisent pas tous les gènes qu'elles contiennent, mais seulement ceux qui correspondent à leur fonction.

Les cellules se comportent comme vous dans une bibliothèque: vous ne lisez que ce qui vous intéresse (ou ce que l'on vous force à lire). De même, la cellule n'utilise que les gènes qui "l'intéresse" pour réaliser sa fonction.

Dans les exemples examinés, les cellules musculaires utilisent les gènes leur permettant de fabriquer des molécules qu'elles stockent dans leur cytoplasme et qui sont capables de se contracter. Les cellules sécrétrices de mucus n'utilisent pas ces gènes, mais d'autres qui leur permettent de fabriquer les molécules caractéristiques du mucus...

Chacune de nos cellules n'exprime donc qu'une partie des gènes qu'elle contient. Cette utilisation partielle permet à la cellule de "faire son travail" et est à l'origine de son aspect particulier.

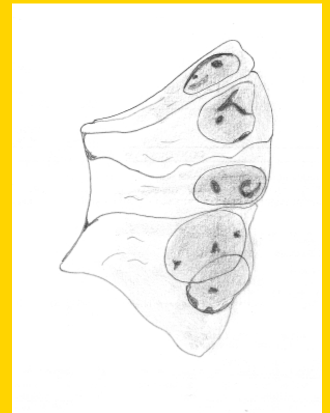
L'observation microscopique



Son but est de vous faire observer en détail votre sujet. C'est pour cela que l'on vous demande un dessin qui doit vous obliger à être attentif (rien ne vous empêche, en plus, de faire une photo avec votre mobile, ça marche*). L'image au microscope est toujours très petite: vous devez grossir par la pensée ce que vous observez. Par exemple, vous voyez ce groupe de cellules:



et votre dessin "nu" (sans titre, grossissement et légende mentionnant les diverses parties de la cellule et vos remarques) doit ressembler à çà:



Entraînez-vous ! Si vous n'y arrivez pas, demandez de l'aide à votre prof d'art plastique: la plupart (pas tous...) des profs ne demandent qu'à vous aider...

* Si votre prof ne veut pas que vous fassiez de photos, citez-lui ceci: " *Deux personnes ne feront jamais le même dessin (...). Il y aura toujours discussion et confusion. Mais les photos ne mentent pas. Dix hommes peuvent les étudier simultanément et d'entendre à leur sujet*". Robert Koch (éminent biologiste - nous le retrouverons au chapitre 2).

Pendant le cours...

La question qui tue:

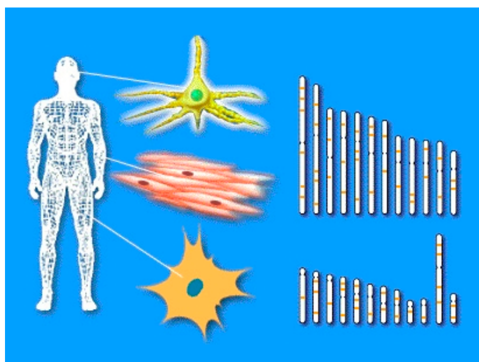
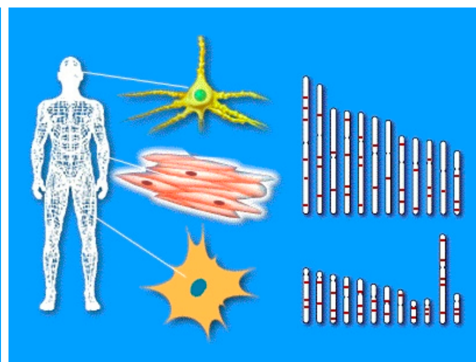
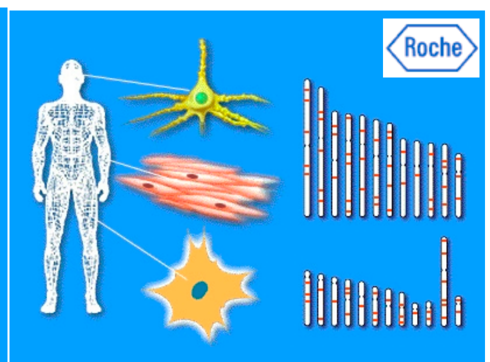
"Comment une cellule sait-elle quels sont les gènes qu'elle doit utiliser ?"

Elle reçoit pour cela des informations venant de son environnement, et principalement des autres cellules qui l'entourent. L'ordre des gènes sur le chromosome joue aussi un rôle (vous le verrez en seconde).

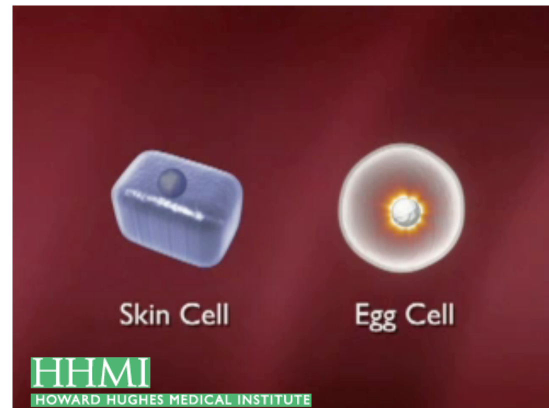
Toutefois, les mécanismes qui activent ou qui arrêtent l'expression d'un gène sont très complexes et souvent mal connus.

Le tableau suivant compare trois types de cellules et leurs propriétés liées à l'expression spécifique de certains gènes.

cellule	musculaire	sécrétrice	sanguine
Aspect (proportions non respectées)			
Propriétés	capable de se contracter	fabrique et libère diverses molécules	Transporte le O_2 (hématies) Défend l'organisme (leucocytes)

Les trois schémas ci-dessus (extraits du programme de formation en génétique des laboratoires Roche) montrent quels sont les gènes activés chez trois types de cellules: les cellules nerveuses, les myocytes et les cellules de la peau. Les gènes activés sont représentés sous forme de barres colorées sur les chromosomes. Vous avez bien entendu remarqué que pour clarifier le schéma on a représenté que la moitié des chromosomes de la cellule (un de chaque paire).



Remarque n°2: si toutes nos cellules contiennent les mêmes gènes, alors il devrait être possible de réaliser une "copie génétique" d'un organisme à partir de n'importe laquelle de ses cellules !

En effet, il est possible de réaliser une copie génétique d'un individu à partir d'une seule de ses cellules. Vous l'avez fait vous même, avec des végétaux. C'est le principe du bouturage (vous utilisez plusieurs cellules, un morceau de végétal qui redonne des racines et un autre individu). On peut réaliser la même chose à partir d'une cellule. On obtient de multiples copies d'un individu. Cela s'appelle un clone. Beaucoup de végétaux cultivés sont produits de cette façon.



Le clonage des animaux est plus difficile, mais il est réalisable. On prélève le noyau d'une cellule (n'importe laquelle) qui va remplacer le noyau d'un ovule. La cellule obtenue se comporte comme une cellule-oeuf et, implantée dans une femelle, va donner une copie génétique de l'individu de départ, un "jumeau" décalé dans le temps. Toutefois, cette technique est délicate, et le pourcentage de réussite est, pour les mammifères, très faible.

Les deux vidéos ci-contre (extraites du cours d'été 2006 de l'Howard Hugues Medical Institute - HHMI) montrent le principe de ce transfert de noyau et sa réalisation pratique (la grosse pipette à gauche sert à tenir l'ovule par une légère aspiration). Oui, les commentaires sont en Anglais, et alors ? Cela fait deux ou quatre ans que vous étudiez cette langue, il faut bien que cela vous serve! (Ceux qui ont fait Espagnol et Allemand n'ont pas bien compris: un scientifique s'exprime - mal, surtout s'il est Français - en Anglais!)

La répartition des chromosomes et des gènes qu'ils portent explique la reproduction des cellules et des individus.

Entre 1870 et 1890, de nombreux chercheurs observent les chromosomes nouvellement découverts et font à leur sujet de nombreuses découvertes sur leur comportement au cours de la division des cellules. Pour mieux voir, ils réalisent leurs observations sur des animaux possédant peu de chromosomes (surtout des vers). Leurs observations sont à l'origine des premières idées sur le rôle des chromosomes dans la transmission des caractères.

1 - Les cellules somatiques se reproduisent à l'identique par division

11 - chaque cellule fille reçoit les mêmes gènes que ceux de la cellule mère

Une cellule qui va se diviser est dite cellule "mère". Elle donne ensuite deux cellules, dites cellules "filles" (quand elles se diviseront, chaque cellule "fille" deviendra à son tour une cellule "mère", et ainsi de suite...)

C'est Walther Flemming, en 1879, qui est parmi les premiers à observer la répartition de chromosomes dans des cellules d'embryons de salamandre, qui se divisent à intervalle de temps réguliers. Les schémas dans la marge résument ses observations, complétées depuis par de nombreux chercheurs (et résumées en BD page suivante):

1 - Avant que la cellule ne se divise, son noyau disparaît alors que les chromosomes deviennent visibles (on peut se demander où ils étaient avant ....)

2 - Les chromosomes se rassemblent et s'alignent à l'équateur de la cellule. On observe l'apparition d'un ensemble de fibres (1) qui "tirent" les chromosomes qui se séparent en deux chromatides au niveau du centromère.

3 - un lot complet et identique de chromatides ("demi" chromosomes) migre vers chaque pôle de la cellule.

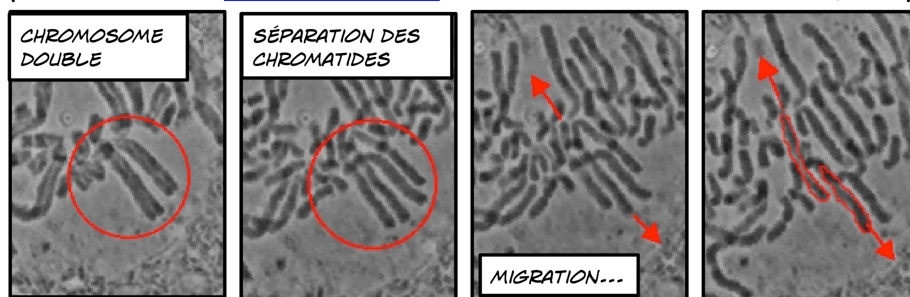
4 - La division de la membrane individualise deux cellules filles, puis les chromosomes disparaissent et le noyau se reforme.

Mais que devient le nombre de chromosomes par cellules? Comme les chromosomes se séparent en deux, ce nombre est conservé (1 cellule à 46 chromosomes en forme de X donne deux cellules à 46 chromosomes en forme de "I"). Mais un chromosome est-il en forme de I ou de X? Pour le savoir, réfléchissons aux gènes contenus sur le chromosome: on se retrouve face à un problème car pour que les cellules puissent fonctionner, elles doivent recevoir tous les gènes.

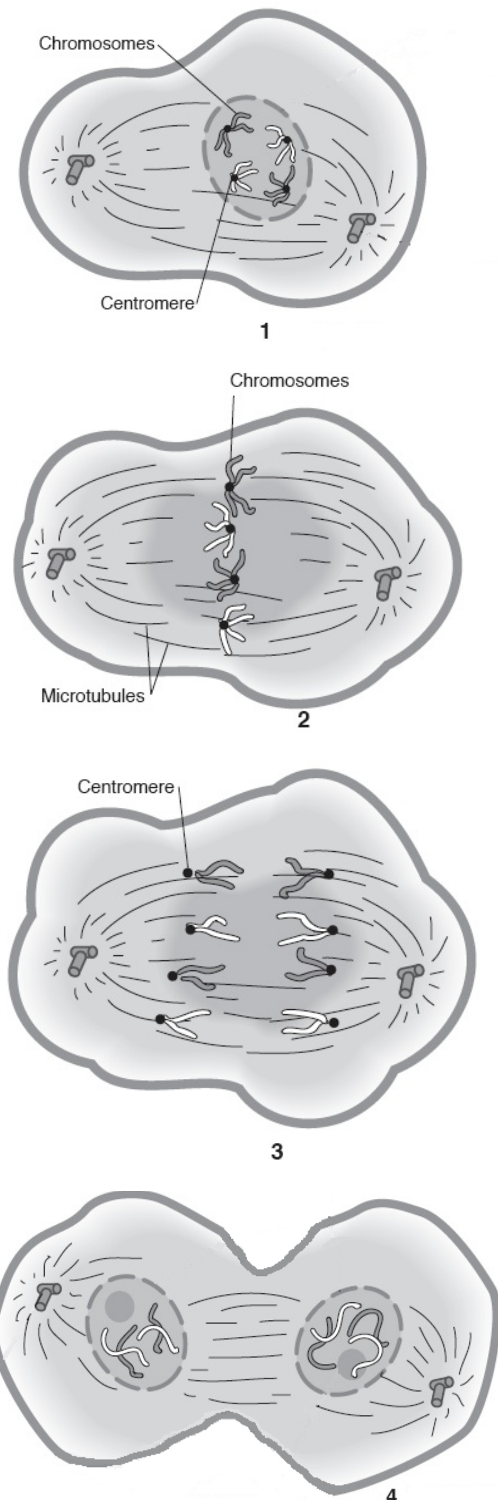


Pour cela, on est conduit à penser que le chromosome en X est en fait un chromosome double correspondant à un chromosome en forme de I ("original"= une chromatide) relié à une copie de ce chromosome (l'autre chromatide), en forme de I aussi, fabriqué par la cellule avant sa division.

Cela explique pourquoi les chromosomes n'apparaissent qu'au moment de la division de la cellule (2) et pourquoi ils ont cette forme en X (3). Lorsque les deux chromatides se séparent, nous avons en fait une séparation de l'"original" et d'une "copie" du chromosome. Les photos ci-dessous montrent bien la séparation des chromatides d'un chromosome au cours de la division cellulaire (*vues extraites d'un film de T Salmon - Université de Caroline du Nord, USA*).

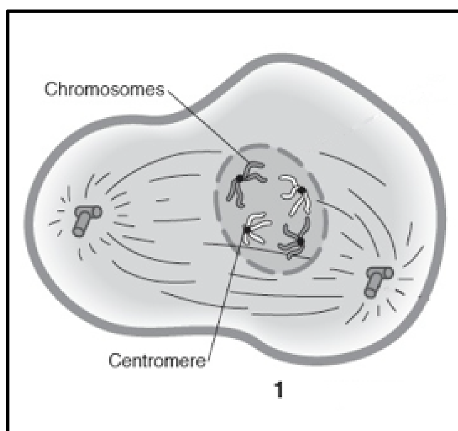


Cette façon de se diviser (4) permet donc de conserver le nombre de chromosomes par cellules: c'est une reproduction à l'identique. Ainsi se multiplient et se différencient les cellules de tous nos organes (sauf les gamètes...). Le mécanisme clef de cette division est la séparation des chromatides. Ce qui nous conduit à examiner la façon dont les chromosomes se forment.



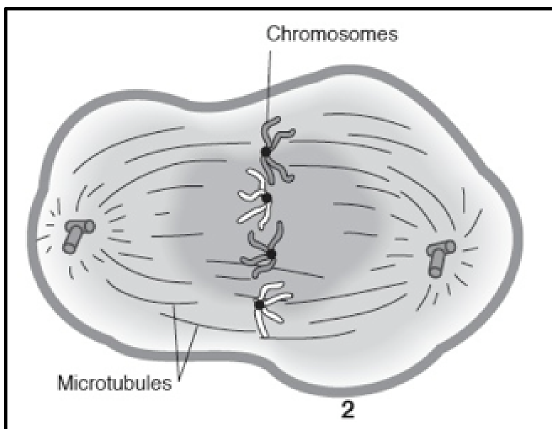
Sur ce schéma, les centromères des 4 chromosomes doubles sont représentés par des points noirs. Les microtubules sont les filaments qui tirent les chromosomes. Les pointillés sur les dessins 1 et 4 signalent respectivement la disparition puis la formation du noyau cellulaire.

1 - Ces fibres ne sont pas à votre programme, mais on les voit dans la plupart des films et des schémas, alors autant en parler, non ?
2 - Ce qui est souvent oublié dans des films ou des animations qui vous montrent bien les chromosomes en X à l'intérieur du noyau, ce qui n'existe pas...
3 - Surtout sur les schémas! Cette forme n'est pas toujours bien visible, et si on filme les chromosomes tels qu'ils se comportent dans la réalité elle est beaucoup moins évidente à voir...
4 - Qui s'appelle la mitose, du grec mitos, qui veut dire filament...

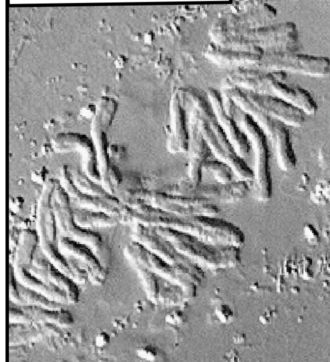


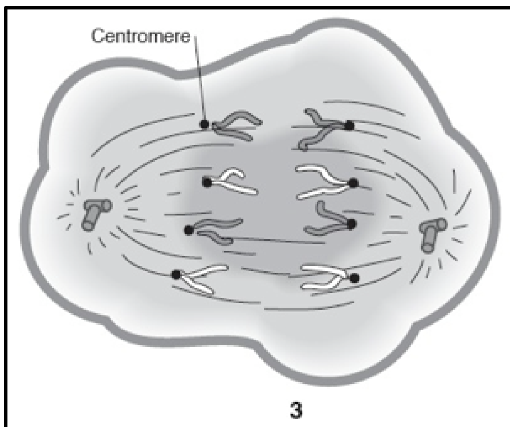
LES CHROMOSOMES DEVIENNENT VISIBLES



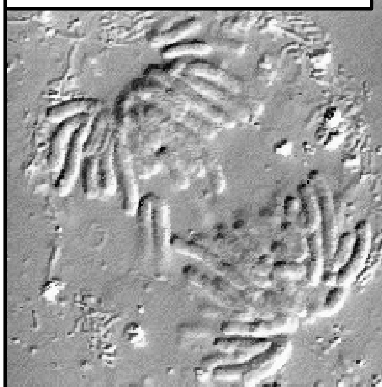


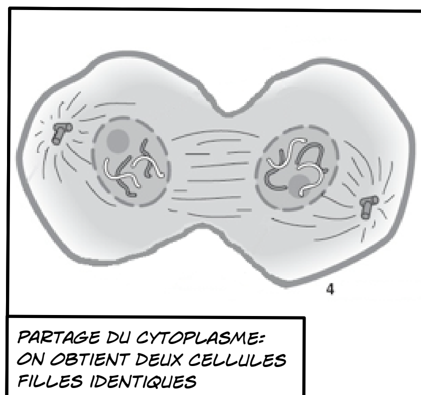
ALIGNEMENT DES CHROMOSOMES



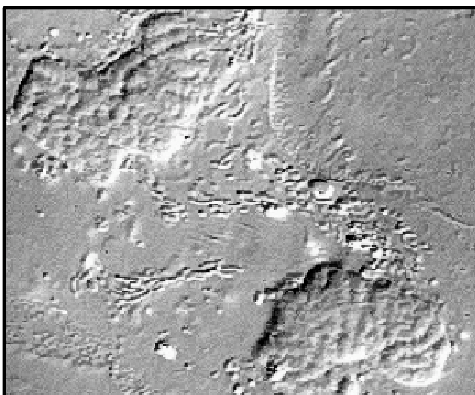


SÉPARATION DES CHROMATIDES !





PARTAGE DU CYTOPLASME: ON OBTIENT DEUX CELLULES FILLES IDENTIQUES



LES CHROMOSOMES DEVIENNENT INVISIBLES: ILS SE DÉCONDENSENT...

ET DEUX NOYAUX SE REFORMENT.

Les chorégraphes de la danse des chromosomes

Qui sont les découvreurs des chromosomes et de leurs aventures ?

Jusque vers 1870, les scientifiques étaient persuadés que le noyau (découvert par R Brown en 1833) n'était pas très important: on ne le voyait pas toujours (car il disparaît pendant la division cellulaire, des cellules faciles à observer comme les globules rouges n'ont pas de noyaux, il peut aussi être difficile à voir). On pensait que les cellules apparaissaient comme par cristallisation. Cette idée venait de Schleiden, excellent scientifique qui découvrit que les plantes sont entièrement formées de cellules mais qui avait l'impression que les cellules se formaient autour d'un noyau se formant subitement à côté d'autres cellules (ses observations étaient justes, mais réalisées à travers des microscopes de mauvaise qualité sur des préparations épaisses, mal colorées, rendant floues les images des cellules en train de se diviser: on ne voyait bien que les noyaux).

En science, l'amélioration des techniques permet de nouveaux progrès décisifs. Sciences et technique fonctionnent ensemble.

Anton Schneider observe le premier la répartition des chromosomes en 1873, dans des cellules animales.

Edouard Strasburger découvre en 1875 la division des cellules de végétaux.

Walther Flemming, entre 1879 et 1882, découvre la division des cellules des animaux, étudie la répartition des chromosomes et les compte: il est le premier à voir la séparation des chromatides.

En 1883, Van Beneden étudie les chromosomes des gamètes et leur devenir après la fécondation...

T Bovery, en 1890, observe la formation et la disparition des chromosomes, ainsi que les apports égaux de chromosomes par les spermatozoïdes et les ovules.

Une technique microscopique particulière

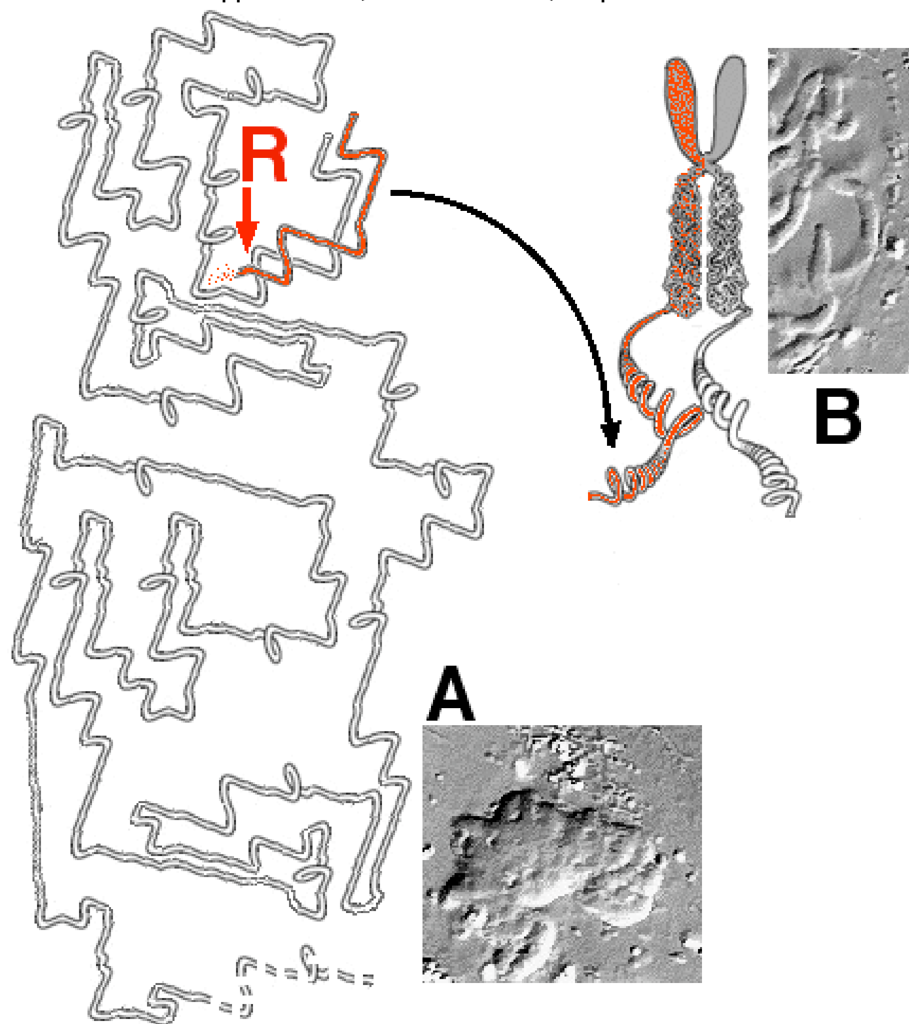
En utilisant les propriétés de la lumière, il est possible d'observer les cellules sans avoir à les colorer (ce qui les tue): on peut donc photographier et filmer les cellules vivantes (les vues de cette page ont été obtenues de cette façon par l'équipe du biologiste T. Salmon).

12 - Les chromosomes se dupliquent avant division

Nous avons vu que pour expliquer que les cellules conservent la même information alors qu'elles se partagent les chromatides de leurs chromosomes, il faut supposer que les chromosomes sont en fait doubles, comportant un original et une copie.

Un raisonnement simple permet aussi d'aboutir au même point: "*si, à chaque division, les chromosomes se répartissaient au hasard sans se recopier, il n'y en aurait très vite plus qu'un seul par cellule, voire aucun!*" Ce n'est pas ce que l'on observe. La répartition des chromosomes se fait donc de manière à conserver leur nombre.

Avant la division cellulaire, les chromosomes ne sont pas directement visibles: le noyau n'est qu'une masse indistincte (A sur le schéma). En fait, chaque chromosome y est présent sous la forme d'un long filament, comme une pelote de laine entièrement déroulée. Ce filament va se recopier intégralement (voir schéma ci-dessous, point R = Réplication). L'original et la copie restent liés au niveau d'une zone qui va devenir le centromère. Par la suite, juste avant que la cellule ne commence sa division, ces deux filaments s'embobinent, se pelotonnent pour former les chromatides du chromosome. Tout comme une pelote de laine est plus épaisse qu'un fil, les chromatides sont visibles alors que le filament déroulé ne l'était pas: les chromosomes apparaissent (B sur le schéma) et prennent leur forme "en X".





Quelques points de français

Tout le monde ne maîtrise pas le vocabulaire français utilisé dans ce chapitre, alors quelques définitions, au cas où...

Aléatoire: qui se fait au hasard
alternance: suite régulière de deux éléments (par exemple dans 01010101, les 0 et les 1 sont en alternance)

Critère: caractère ou donnée permettant de réaliser une sélection, un choix
complexe: compliqué, difficile à comprendre
Contexte: situation d'un problème par rapport à une époque ou des idées particulières

Dramatique : qui finit mal, ou va mal finir
Développement : en biologie, qui se rapporte à la construction d'un individu avant qu'il soit adulte (principalement au stade d'embryon).
Dupliquer: recopier de façon a obtenir deux exemplaires identiques.

Équitablement : de façon égale

Horticulteur : spécialiste de la culture non pas des orties, mais des fleurs !
Hématie: cellules que vous appeliez les "globules rouges".

Iris : plante à fleurs, souvent utilisée en bord de mur dans les jardins.
Immodéré: sans modération, c'est à dire sans limites.
Issus: venant, ayant pour origine
Indistincte: floue, que l'on ne voit pas bien.

Mucus: liquide gluant

Persuadés: convaincus de, qui croient vraiment que...

Philosophe: spécialiste de la réflexion. De nombreux philosophes (anciens Grecs en particulier) ont été les premiers scientifiques. Vous en connaissez au moins deux: Pythagore et Thalès...

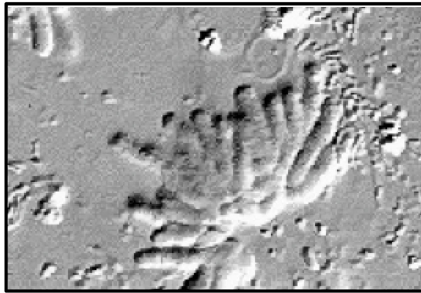
Préparation: en biologie, ce sont souvent les lames de verres enfermant les échantillons coupés, conservés et colorés qu'il faut observer au microscope.
provenir: venir, avoir pour origine

Spécifique: spécialisé, bien adapté, que l'on ne retrouve que dans le cas considéré.

Résumé : Les caractères héréditaires sont transmis de génération en génération grâce aux gènes, unités situées dans le noyau des cellules. Les caractères acquis au cours de la vie d'un individu ne sont pas héréditaires puisqu'ils ne peuvent pas modifier les gènes. Les gènes correspondent physiquement à des régions de corps filamenteux, les chromosomes, organisés en paires et qui se recopient et prennent une forme en "X" caractéristique lorsqu'une cellule se divise. Cette copie permet de conserver le nombre de chromosomes au cours de la division cellulaire.
Chaque gène est présent sous forme d'un allèle, qui représente l'information liée à ce gène. Sur une paire de chromosomes, les allèles peuvent être identiques ou différents (dans ce cas, si un seul allèle s'exprime il est dit dominant et l'autre est récessif).

Une fois les chromatides séparées, les chromatides vont se dérouler, reprendre leur aspect filamenteux et fin: le noyau se reforme pendant que les chromatides disparaissent progressivement.

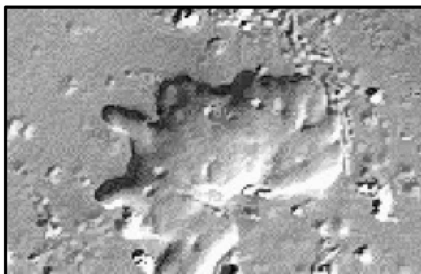
LA DISPARITION DES CHROMOSOMES



LES CHROMATIDES VIENNENT DE MIGRER ET SE RASSEMBLENT

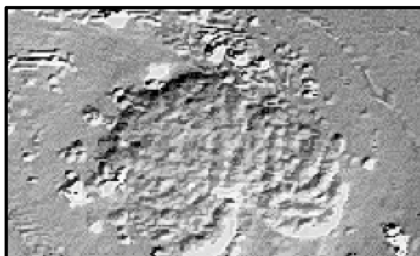


LES CHROMATIDES DEVIENNENT INDISTINCTES

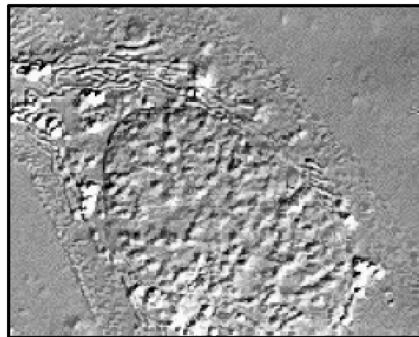




UN NOUVEAU NOYAU EST EN TRAIN DE SE FORMER. LES CHROMOSOMES SE DÉBOBINENT, REDEVIENNENT DES FILAMENTS QUI S'ENTREMÊLENT.



LA NOUVELLE CELLULE POSSÈDE MAINTENANT UN NOYAU LARGE, PLAT, CONTENANT DES CHROMOSOMES DÉROULÉS, UTILISABLES.



2 - Les gamètes sont génétiquement différents de la cellule qui leur donne naissance

21- Chaque gamète reçoit au hasard un seul chromosome de chaque paire

Si chaque gamète possédait 46 chromosomes, on se retrouverait avec une cellule oeuf à 92 chromosomes qui se reproduirait ensuite à l'identique. Ce n'est pas ce que l'on observe.

Les gamètes ne doivent donc pas posséder 46 chromosomes.

Historiquement, c'est justement l'observation des gamètes et de la fécondation qui a donné les premiers indices de l'importance des chromosomes pour le transport des gènes. L'examen du caryotype des gamètes confirme que ces cellules ne comptent que 23 chromosomes, un de chaque paire.

Comment expliquer cette répartition ?

Les gamètes résultent de deux divisions cellulaires successives, dont la première est très particulière : les chromosomes se rassemblent et s'alignent par paires (en rang par deux !) puis lorsqu'ils se séparent un chromosome de chaque paire migre de chaque côté de la cellule. Ici, les centromères restent entiers. On se retrouve avec deux cellules qui ne possèdent qu'un chromosome "complet (en X) de chaque

L'histoire des gamètes

L'idée que les gamètes sont des cellules qui se rencontrent et fusionnent leurs noyaux lors de la fécondation a été très longue à s'imposer...

Les gamètes, des cellules?

Découvrir l'existence des cellules ne veut pas dire comprendre que c'est un petit être vivant, bien au contraire: longtemps, les scientifiques considèrent uniquement les parois de la cellule. On pense qu'elle est remplie d'un liquide mystérieux, que deux biologistes (Purkinje en 1839 puis Von Mohl en 1845) ont baptisé protoplasme, où nage le noyau. Pendant un siècle, les scientifiques vont croire que le protoplasme est une substance qui explique les propriétés des êtres vivants.

En 1852, R. Remak montra que l'oeuf de grenouille est bien une cellule, et que toutes les cellules de l'embryon de grenouille se forment par divisions successives d'autres cellules. Le biologiste Virchow étendit en 1855 cette observation aux animaux et aux humains. Après les grenouilles, Gegenbaur montra en 1861 que les ovules de tous les vertébrés étaient aussi des cellules.

Les spermatozoïdes (découverts dès 1677 par Leeuwenhoek) ont été pris par les premiers observateurs pour des parasites, des espèces de vers vivants dans le sperme. (les maladies causées par des vers parasites étaient très fréquentes à cette époque -a-) Ce n'est qu'en 1841 que Kölliker démontra, en observant les diverses étapes de leur formation, que c'était bien des cellules.

L'idée que les gamètes sont des cellules a mis du temps à s'imposer: des scientifiques influents ne la soutenaient pas (-b-), et, en 1868, Darwin n'était pas encore persuadé de sa justesse.

Vous pourriez croire qu'une fois que l'on sait que les deux gamètes sont des cellules, la fécondation va être comprise tout de suite (-c-). Et bien pas du tout: bien au contraire, des discussions et des affrontements passionnés ont eu lieu à propos de la fécondation.



a) En sciences, l'observation de suffit pas: pour la comprendre, il faut l'interpréter correctement, ce qui est très difficile et se fait selon les connaissances de l'époque.

b) La célébrité de certains scientifique ne signifie pas qu'ils ont toujours raison !

c) Les opinions (parfois fantaisistes) des scientifiques jouent aussi un rôle dans leur façon d'interpréter expériences et observations !

paire, et qui vont subir une deuxième division "classique" avec séparation des chromatides.

Ce mode de division (1) permet bien une réduction du nombre de chromosomes. Chaque gamète ne contient qu'un seul exemplaire d'un chromosome homologue













La BD ci dessus résume et illustre la formation des gamètes mâles chez un insecte qui ressemble beaucoup au cousin. Les cercles rouges entourent les chromosomes doubles en cours de séparation.

Les vues de cette page sont tirées du travail des chercheurs James LaFountain jr, de l'université de Buffalo, et Rudolf Oldenbourg, du laboratoire de biologie marine de Woods hole (*Meiosis I in a living crane fly spermatocyte: time lapse movie. ASCB Image & Video Library. February 2007:VID-13. Film complet visible* sur le site de l'ASCB - American Society of Cell Biology).

1 - que l'on appelle la méiose, d'après le mot grec "méiosis", qui signifie décroissance (du nombre de chromosomes au cours de ce type de division)...

La guerre des gamètes

Avant de découvrir que les gamètes étaient des cellules, les biologistes se sont divisés , dans les années 1700, en deux camps qui vont s'affronter à coup d'observations et d'expériences: les "ovistes" croient que seul l'ovule contient le futur embryon, le spermatozoïde n'ayant qu'un rôle mécanique: en "piquant" l'ovule, il déclenche son développement. Une observation les soutenait: les ovules des femelles pucerons sont (parfois) capables de se développer seuls, sans contact avec un spermatozoïde...

Au contraire, les "spermatistes" sont persuadés que c'est le spermatozoïde qui contient le véritable embryon, et l'emporte dans l'ovule où il ne fera que grandir. Des observateurs comme Nicolas Hartsoeker en 1694 sont même persuadés d'avoir vu au microscope un petit homme replié à l'intérieur d'un spermatozoïde...

Personne ne pensait qu'un spermatozoïde pouvait pénétrer à l'intérieur de l'ovule. Ce ne fut qu'en 1843 que M. Barry découvrit, des spermatozoïdes à l'intérieur des ovules d'une lapine. En 1854, Thuret observa, chez une algue dont le nom doit vous rappeler quelque chose, le fucus vésiculeux (voilà donc pourquoi on vous en a parlé en quatrième!) l'entrée des spermatozoïdes dans les ovules.

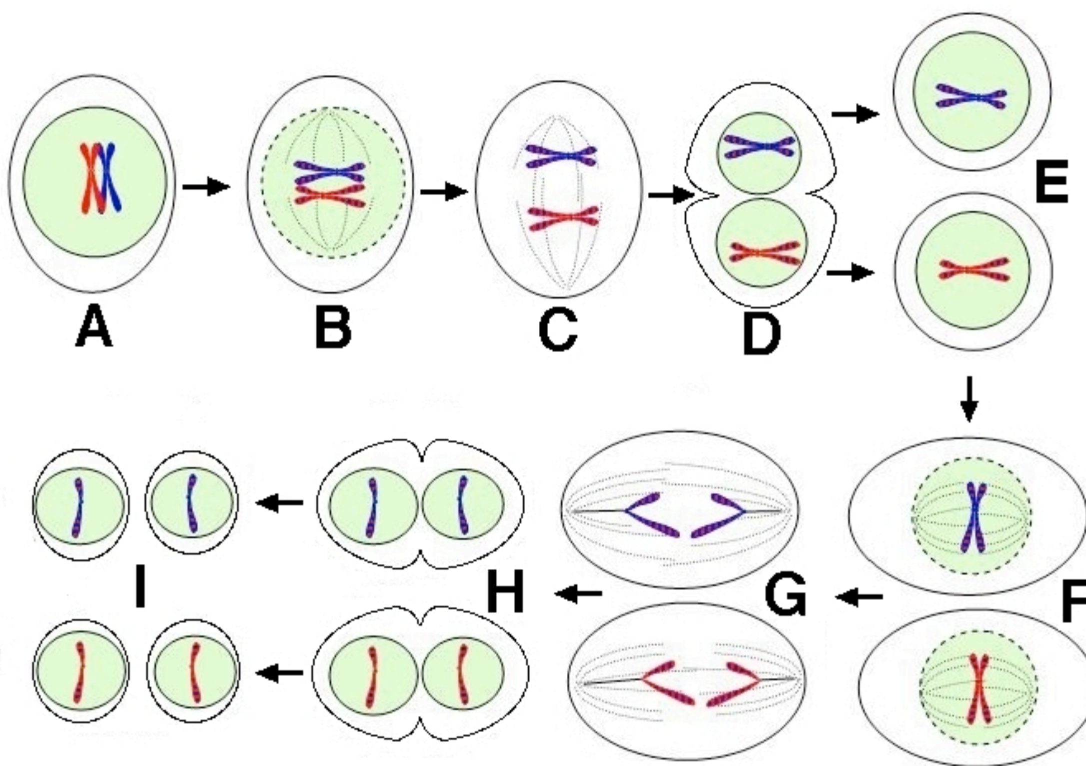
Il fallut 25 ans d'améliorations des microscopes et de multiplication des observations pour établir que le spermatozoïde pénétrait, au moins en partie, dans l'ovule.

Toutefois, les biologistes pensaient que le spermatozoïde disparaissait dans l'ovule (leur microscope ne leur montrait pas les noyaux dans l'ovule).

L'utilisation d'animaux dont les gamètes sont plus faciles à observer (des vers), de meilleurs microscopes (le grossissement x 1000 fut possible en 1870), la machine permettant de découper les échantillons en lamelles transparentes (1866) et de nouveaux colorants ont permis d'importants progrès.

En 1883, Van Beneden étudie la fécondation chez l'ascaris, un ver parasite du cheval, dont les cellules possèdent 4 chromosomes seulement. Il découvre que les gamètes n'en contiennent que 2 et qu'après la fécondation les chromosomes du spermatozoïde se joignent à ceux de l'ovule pour former un nouveau noyau à 4 chromosomes. Beneden ne fit pas le lien entre cette observation et la transmission des caractères. D'autres chercheurs confirmèrent ensuite ces découvertes, abandonnant lentement l'idée de l'hérédité par mélange des caractères.

Le biologiste Wilson a résumé ces découvertes en 1896. Vous pouvez consulter son livre (the cell in developement and inheritance) sur le web... pour vous faire une idée des connaissances de l'époque (c'est en anglais, mais il y a de nombreux schémas).



Une division particulière

Partons d'une cellule qui va donner des gamètes et possède une paire de chromosomes "en X" (A). Les chromosomes s'alignent par deux (B) puis se déparent (C) et la cellule termine sa division (D).
On obtient deux cellules dont le nombre de chromosomes à été divisé par deux (E): les futurs gamètes.
Comme le chromosome de chaque cellule est toujours double, une seconde division sera nécessaire: alignement (F), séparation des chromatides (copie et original du chromosome - G) puis division du cytoplasme (H) permettant d'obtenir, à partir d'une cellule à deux chromosomes doubles, 4 gamètes à un seul chromosome. Cette division particulière permet de diviser par deux le nombre des chromosomes d'une cellule, chaque cellule recevant un chromosome d'une paire.

22 - La fécondation rétablit le nombre de chromosomes de l'espèce

Lorsque les gamètes d'une même espèce se rencontrent, chacun apporte un des chromosomes d'une paire: le génome de la nouvelle cellule constituée (la cellule oeuf) provient pour moitié de la mère et pour moitié du père.
Cela signifie que dans une paire de chromosomes, il existe un chromosome d'origine paternelle et un autre d'origine maternelle
2 chromosomes homologues = 1 chromosome paternel + 1 chromosome maternel.

Le sexe d'un individu est déterminé par les chromosomes sexuels X et Y. Mais un ovule contiendra forcément un chromosome X (issu de la séparation de la paire XX) alors que les spermatozoïdes vont contenir le chromosome sexuel issu de la séparation de la paire XY. Il y a donc des spermatozoïdes "X" et des spermatozoïdes "Y". C'est le chromosome sexuel apporté par le spermatozoïde qui décide donc du sexe du futur individu (1).

X (spermatozoïde) + X (ovule) = XX –> sexe féminin

Y (spermatozoïde) + X (ovule) = YX –> sexe masculin

Comme un spermatozoïde à 50% de probabilité d'hériter de l'un ou de l'autre des chromosomes sexuels, cela explique pourquoi les sexes se répartissent équitablement dans la population (2)

3 - Les individus issus de la reproduction sexuée sont uniques

31- La reproduction sexuée reconstitue au hasard un génome unique

Lors de la formation des gamètes, les chromosomes de chaque paire se répartissent au hasard dans une cellule ou dans une autre. Comme ils peuvent porter des allèles différents, la répartition des allèles d'un gène est aléatoire. On peut calculer qu'avec 23 paires de chromosomes, il existe 2^{23} combinaisons différentes (environ 8 millions de possibilités).

Quand les deux gamètes se rencontrent, le noyau du spermatozoïde pénètre dans l'ovule (souvenir de quatrième...) et les deux noyaux fusionnent; la rencontre des deux gamètes recombine deux demi-génomes choisis au hasard, et donne donc un génome original (parmi 8x8 = 64 millions de possibilités environ, sur ces seuls critères, pour les enfants d'un seul couple). Vous savez maintenant pourquoi vous êtes si unique et exceptionnel (comment, vous avez un jumeau ?)

1 - Ce qui veut dire que les régimes "sans sel" pour avoir une fille, que l'on trouve dans des livres ou sur internet, sur des sites qui se croient sérieux (comme ici, tiens), sont de remarquables absurdités...

2 - Moitié fille, moitié garçon, ce qui est heureux pour la perpétuation de l'espèce !

Pendant le cours...

Questions d'élèves

Le bon élève (de plus en plus énervant)

Si la séparation des chromosomes se fait mal, ça fait quoi ensuite pour la fécondation ?

Les gamètes sont anormaux, car ils vont avoir soit 2 fois le même chromosome (une paire complète) soit un chromosome en moins. A la fécondation, on obtiendra une cellule oeuf qui aura soit une trisomie (3 chromosomes au lieu de 2) soit une monosomie (1 au lieu de 2). Le plus souvent, c'est mortel pour la cellule qui ne peut pas se développer et meurt.

Le curieux sans intérêt

Une femme et un ours, ça peut faire des bébés ?

Non, la fécondation n'est possible que si les paires de chromosomes reconstituées dans la cellule oeuf se "correspondent" et portent des gènes capables de "collaborer" pour fabriquer un embryon. Cela n'est pas possible entre des espèces différentes (il n'y a pas d'hybrides chez les humains, malgré les légendes!)

Celui qui veut se faire bien voir

Les plantes, elles font la fécondation ?

Les plantes qui se reproduisent par voie sexuée réalisent en effet une fécondation qui a lieu dans la fleur femelle (dans l'ovaire) C'est le grain de pollen qui représente l'équivalent du spermatozoïde des animaux (mais vous avez déjà vu ça en quatrième, non ?)

32- La cellule oeuf peut reconstituer un individu unique

La cellule oeuf issue de la fécondation va se diviser un grand nombre de fois pour constituer un individu complet et, forcément, unique. C'est le moment et de rouvrir vos cours de quatrième (comment ? vous les avez perdus ?) pour réviser la passionnante histoire de l'embryon. Rassurez-vous, nombre de documentaires retracent aussi ces événements .

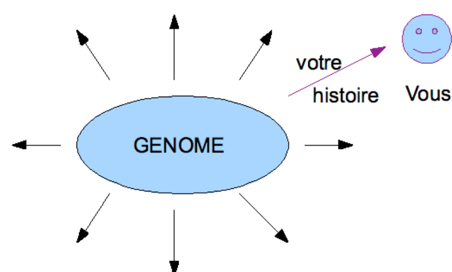
Si on sépare les 2 premières copies de la cellule oeuf, chacune d'elle se développe pour donner un individu (1). Les deux individus possèdent le même génome. Si cette séparation se fait naturellement, ce sont de vrais jumeaux (2).

33 - Chaque individu est unique, car il est le produit de l'expression de son génome et de l'action de son environnement

Deux vrais jumeaux possèdent des génomes identiques, mais n'en sont pas moins deux individus différents, aux capacités et aux intérêts divers. Ils prouvent que le génome ne bâtit pas entièrement l'individu: on ne peut pas négliger l'influence de l'environnement (3).

Chaque individu possède un potentiel biologique qui dépend de ses gènes mais la façon d'exprimer ce potentiel dépend de son environnement (4)

Les gènes que nous avons reçus en héritage de nos parents nous donnent un éventail de potentialités qu'il nous appartient de développer tout au long de notre vie.



Sur le schéma ci-contre, les flèches noires signalent toutes les possibilités ouvertes par votre génome. Votre environnement va provoquer une sélection (flèche mauve) parmi ces différentes possibilités, sélection qui, au travers de votre histoire personnelle, conduit jusqu'à vous, individu unique en perpétuelle construction, en évolution permanente.

un individu = un génome unique + une histoire unique

1) On peut même séparer jusqu'aux huit premières cellules d'un embryon (cela a été réalisé sur des vaches) pour obtenir 8 individus identiques. Une population d'individus génétiquement identiques porte un nom que vous connaissez: c'est un clone ! (hé oui, un clone est une population, pas un individu comme dans les films!)

2) Les vrais jumeaux proviennent d'une seule cellule oeuf. Ce sont des exemplaires multiples de l'expression d'un même génome (mais des individus différents). Si les 4 premiers exemplaires de la cellule oeuf se séparent, on aura des quadruplés (une peut mourir: des triplés). Les faux jumeaux sont toujours deux (sauf s'il s'agit d'une reproduction assistée médicale, avec des embryons qui sont implantés dans une femme qui ne peut pas avoir d'enfants), et résultent de la fécondation de deux ovules différents par deux spermatozoïdes différents. Ils peuvent donc être de sexe différent, et ne se ressemble pas plus que des frères et soeurs "classiques"... On a dû vous parler de "poches". Les "vrais" jumeaux partagent la même poche amniotique, les "faux" possèdent chacun leur propre poche.

3) Environnement au sens large: ce n'est pas la "nature", les fleurs et les petits oiseaux, mais l'ensemble des facteurs extérieurs à l'organisme: nourriture, climat, environnement affectif, familial et culturel...

4) Ce qui ne veut pas dire que l'environnement va modifier les gènes, mais seulement assurer une sélection parmi les différentes possibilités données par le génome obtenu après la fécondation. Cette sélection par l'environnement des génomes obtenus au hasard est un des moteurs de l'évolution des espèces (mais il paraît qu'il ne faut pas vous le dire, les "génies" qui font les programmes sont persuadés que vous ne pouvez pas le comprendre.... moi si! Rendez-vous au chapitre 3 pour plus de détails...)

Mythes et légendes de la reproduction

Le philosophe Aristote (384-322) pensait que seul le mâle fournissait un « principe » nourri par le sang des règles de la femelle et abrité dans son corps (cette conception peut vous paraître fantaisiste, mais elle permettait d'expliquer pourquoi les femmes enceintes n'avaient plus de règles...)

Antonio Vallisnieri (1661-1730), professeur à Padoue, n'arriva pas à trouver des ovules dans les ovaires de plusieurs femelles de mammifères. Pourtant, il affirma: « *La semence du mâle monte à l'ovaire, pénètre l'oeuf, et donne le mouvement au foetus qui est préexistant dans cet oeuf. Dans l'ovaire de la première femme étaient contenu des oeufs, qui non seulement renfermaient en petit tous les enfants qu'elle a faits ou qu'elle pouvait faire, mais encore toute la race humaine, toute sa postérité, jusqu'à l'extinction de l'espèce.* »
Pour Vallisnieri, la ressemblance entre parents et enfants ne venait que de l'imagination de la mère : "*la force de cette imagination est si grande et si puissante sur le foetus, qu'elle peut produire des taches, des monstruosités, des dérangements des parties, des accroissements extraordinaires, aussi bien que des ressemblances parfaites.*"
Cette idée d'une influence de l'imagination de la mère a survécu très longtemps: vous la retrouvez au début d'Elephant man, par exemple: la mère effrayée par un éléphant transmet une forme monstrueuse à son futur enfant....

Vers 1870, les biologistes étaient bien plus attirés par l'observation des fibres (facilement visibles) séparant les chromosomes que par celle des chromosomes (et cela retarda la découverte de l'intérêt de ces derniers, et c'est pourquoi on évite de vous parler de ces fibres dans votre programme: c'est un mauvais souvenir...).

Des films sur l'embryon

L'odyssée de la vie
Histoires secrètes du corps humain: la grossesse.
Voyage au centre de la vie



Résumé du chapitre entier:

Dans le noyau de nos cellules, nos caractères héréditaires sont portés par des gènes, régions précises des chromosomes, dont nous possédons 23 paires. La répartition des chromosomes lors des divisions des cellules explique la répartition des caractères héréditaires. La plupart de nos cellules reproduisent à l'identique leur caryotype de 46 chromosomes, mais les cellules qui vont donner les gamètes se divisent de façon à ne plus conserver qu'un seul chromosome de chaque paire. Chaque gamète porte donc un demi-génome constitué au hasard parmi plusieurs millions de possibilités, et la fécondation donnera une cellule oeuf au génome original, qui constituera un individu qui sera unique de par son génome, mais aussi à cause de son expérience, de son histoire et de son environnement.

Questions

1/Pourquoi les gamètes ne possèdent-ils que la moitié du nombre des chromosomes des autres cellules de l'organisme ?
2/Qu'est ce qu'un gène ?
3/Pourquoi les chromosomes ne sont ils pas toujours visibles ?
4/Qu'est-ce qu'un chromosome ?
5/Une cellule de peau possède t'elle le même génome qu'une cellule de cerveau ?
6/Qu'est-ce qu'une chromatide ?
7/Comment une cellule prépare t'elle sa division ?
8/Comment se forment les jumeaux ?

Colles

1/Expliquer de quelle façon se reproduisent la majorité des cellules de l'organisme.
2/Comment expliquer, au moyen du génome, que les individus d'espèces différentes ne puissent pas se reproduire entre eux?
3/Expliquer pourquoi nous sommes des individus uniques.

Exercices

1 - Calcul mental (2 pts)

Soit une paire de chromosomes homologues et un gène a, présent sur ce chromosome. Sur ces chromosomes "en X", combien de fois le gène a est-il présent ? Combien d'allèles de ce gène sont-ils présents au maximum ? (Justifier votre réponse)

2 - Cinema et génétique (6 pts)

La génétique a inspiré, bien ou mal, plusieurs réalisateurs qui ont parfois compris à leur façon (plus ou moins) ses principales conclusions. Ainsi, dans les films

- "Jurassic park", les dinosaures sont ramenés à la vie grâce à l'injection de leurs gènes, récupérés dans un moustique fossile, dans des ovules de grenouille.
- "Bienvenu à GATTACA", l'analyse "express" du génome à la naissance permet de prédire les caractères du futur individu, les maladies dont il souffrira et l'âge de sa mort.
- "Alien IV", le lieutenant Ripley est cloné à partir du génome d'une de ses cellules (car elle est morte 200 ans avant dans alien III, faut suivre!), et sa "copie" se réveille au début du film avec tous ses souvenirs, dans l'état ou était Ripley juste avant sa mort...

Utilisez vos (vastes ?) connaissances pour présenter dans un tableau, pour chacun de ces films, les idées correctes et celles qui sont fantaisistes, donc fausses. Vous expliquerez l'erreur, ou les erreurs, commises par le réalisateur.

3 Bêtises sur le net

Mr Verenberg, élève distrait, a mal copié son cours (et ne possède pas ce manuel) et est allé chercher des informations sur internet pour se dépanner. Il y a trouvé ce texte:"*Quand la cellule sexuelle se forme, les différents chromosomes se répartissent au hasard entre les cellules filles. Cette répartition est compensée par celle que subit l'autre cellule sexuelle correspondante: si une cellule mère a donné un spermatozoïde A possédant 10 chromosomes et un autre, B, à 36 chromosomes, alors A ne pourra féconder qu'un ovule à 36 chromosomes et B un ovule possédant 10 chromosomes. C'est pour cela que très peu de spermatozoïdes peuvent parvenir à féconder l'ovule*"

31 - Souligner les erreurs contenues dans ce texte et le réécrire de façon correcte. (3 pts)

32 - Afin d'aider Mr Varenberg, réalisez un schéma montrant comment se répartissent 3 paires de chromosomes lors de la formation d'un spermatozoïde. (4 pts)

4 - Un problème expérimental

R.de Graaf publie en 1672 un ouvrage sur la reproduction (*De mulierum organis generationi inservientibus tractatus novus., et vous trouvez que mes titres sont longs ?*). Il dissèque des lapines juste après l'accouplement, mais ne trouve aucune trace de spermatozoïdes. Il dissèque ensuite, jour après jour, des lapines gravides, suivant ainsi le développement du foetus. C'est lui qui nomme ovaires les gonades des femelles, parce qu'il croit y voir de véritables oeufs.
Comment pourriez vous expliquer les étonnantes observations de Mr de Graaf ?

5 - Vrai ou faux (4pts):

- Les cellules humaines comportent toutes 46 chromosomes
- Les chromosomes se répartissent par paires
- Les chromosomes sont visibles en dehors des périodes de division cellulaire
- Les caractères acquis par un individu du fait de son milieu ne sont pas des caractères héréditaires

6 - Un individu malchanceux (4 pts)

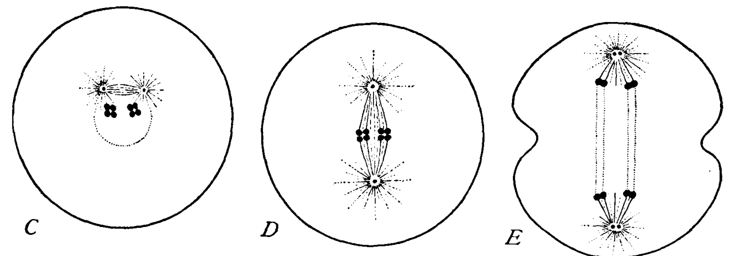
Les cellules sanguines d'un individu possèdent 47 chromosomes: 21 paires normales, 3 chromosomes 13 ainsi que 2 chromosomes X.

Quel est le sexe de cet individu ?

Si cet individu à des enfants avec un individu "normal", seront-ils obligatoirement trisomiques ? Pourquoi ?

7 - Un ancien schéma (5 pts)

Le schéma ci-dessous est tiré du Livre de Wilson (The cell in development and heredity) publié en 1900. Vous allez l'observer attentivement, trouver ce qu'il représente, lui donner un titre et rédiger (de préférence en français de France) un bref commentaire permettant de le comprendre.



8 - Lyons club (4 pts)

En 1948, Le Canadien M Barr découvre, dans des coupes de cerveaux de chat, une petite tache noire dans tous les noyaux des cellules. Avec surprise, il constate que cette tache n'apparaît que chez les individus femelles. Elle disparaît lorsque la cellule se divise, puis réapparaît ensuite dans les deux cellules-filles. Après cette découverte, ce corpuscule (que l'on va appeler "corps de Barr") est découvert dans tous les noyaux des cellules de femelles, sauf dans les ovules. Rédiger une hypothèse plausible, logique, sur ce que pourrait être ce corps de Barr.

9 - philosophie (2 pts)

La sexualité des animaux était évidente, celle des plantes a été découverte bien plus tard. Pourtant, dès 1694, R. Camerarius découvrit le rôle du grain de pollen et posa les bonnes questions, dont les réponses ne furent obtenues que dans les années 1850.

Pourquoi, en sciences, peut-on, dire que les questions sont souvent plus importantes que les réponses ?

10 - Citation (2 pts)

Que veut dire le biologiste J.C. Ameisen lorsqu'il écrit: « *Notre «programme» de développement ne procède pas comme celui d'un ordinateur (..) Il laisse une part au hasard pour se projeter dans la complexité. C'est pourquoi, rejouant exactement la même partie dans deux embryons de jumeaux vrais, il ne peut jamais, exactement, la jouer de la même façon. Et c'est pourquoi aussi, contrairement à toutes les craintes, les angoisses, à tous les désirs ou les fantasmes qui s'expriment aujourd'hui, un clone ne sera jamais identique a celui qui lui a donné naissance* » ?

Apprenez à bien rédiger

Corriger la phrase suivante, trouvée dans une copie d'élève qui a des difficultés à se faire comprendre:

" Le spermatozoïde il spide dans l'ovule, y fout ses chrosome dans le noyo de l'ovule qui a lui aussi ses moitié de chrosome, et puis les deux ensemble ça fait un complet de crosome comme dans les autres cellules."

Traduire pour comprendre

Dans son livre publié en 1900 et faisant le point sur les découvertes accomplies au 19ème siècle, Wilson déclare :"*Van Beneden's epoch-making discovery that the nuclei of the conjugating germ-cells contain each one-half the number of chromosomes characteristic of the body-cells has now been extended to so many plants and animals that it may probably be regarded as a universal law of development*".

Vous allez bien entendu nous traduire tout cela en bon français (attention: une traduction scientifique ne se fait pas mot à mot: vous devez exprimer le sens des phrases plutôt que de chercher à reproduire la moindre tournure!)

Corrections

Questions

1/Au cours de leur formation, les gamètes subissent une division cellulaire particulière qui sépare les paires le chromosomes homologues, chaque cellule ne contenant donc plus que la moitié du nombre de chromosomes de celle qui lui a donné naissance.

2/Un gène est une région d'un chromosome correspondant à un caractère d'un individu.

3/Les chromosomes ne sont pas toujours visibles, car la plupart du temps ils sont déroulés et prennent la forme de filaments trop fins pour être clairement visible au microscope.

4/Un chromosome est un filament, dans le noyau de la cellule, qui porte des informations correspondantes à des caractères héréditaires. Avant que la cellule ne se reproduise, ces filaments e recopient, se condensent et prennent une forme en X, ce qui permet de les voir après coloration. (comparez cette définition avec celle des exercices précédents, et vous constaterez qu'en science on précise toujours davantage nos objets d'étude!)

En Sciences, toute réponse n'est que provisoire...

5/Une cellule de peau possède le même génome qu'une cellule de cerveau car elles dérivent toutes de la cellule-oeuf par division à l'identique. Seuls les gamètes possèdent un demi-génome différent de celui de leur cellule mère.

6/Une chromatide est une "moitié" de chromosome double (en X) et correspond en fait soit au chromosome originel soit à sa copie.

7/Une cellule prépare sa division en recopiant ses chromosomes puis en condensant la copie et l'original sous forme d'un "X" visible au microscope.

8/Les jumeaux se forment de deux façons chez les humains: alors que les "faux" jumeaux sont simplement le résultat de deux fécondations différentes, mais simultanées (2 spermatozoïdes fécondent deux ovules différents), les "vrais jumeaux" proviennent d'une séparation des deux premières cellules de l'embryon, dont chacune va se développer pour conduire à deux individus possédant le même génome (et donc très ressemblant).

Colles

1/Expliquer de quelle façon se reproduisent la majorité des cellules de l'organisme

Pour expliquer, vous avez le choix des armes: texte, schéma, tableau, BD... rien ne vous est imposé dans cette situation. Le plus simple est d'utiliser un schéma titré et légendé. Il s'agit de la reproduction de la majorité des cellules de l'organisme, on ne parle donc pas des gamètes. Dans ce cas, reproduire le schéma de la p.17 s'impose!

2/Comment expliquer, au moyen du génome, que les individus d'espèces différentes ne puissent pas se reproduire entre eux?

Pour que la reproduction soit possible, il faut que chaque gamète contienne un demi-génome. On pourrait croire que ce serait possible si le nombre de chromosomes est le même dans les deux gamètes, mais cela ne suffit pas: même si un spermatozoïde de hérisson (24 chromosomes) rencontre un ovule de chimpanzé (24 chromosomes) il n'y a pas reconstitution d'un génome complet, mais superposition de deux demi-génomes différents qui ne peuvent rien donner: ils ne fonctionnent pas ensemble, ne portent pas les allèles des mêmes gènes, les chromosomes ne peuvent pas se lier, ni se séparer convenablement: la fécondation est donc impossible (sans parler d'autres mécanismes de reconnaissance entre ovules et spermatozoïdes).

3/Expliquer pourquoi nous sommes des individus uniques.

Vaste programme, car il faut résumer pas mal de choses pour construire votre réponse! *Faites un plan pour construire votre réponse (c'est un bon entraînement pour le lycée)*

1 - Nous sommes uniques car nous résultons d'une fécondation se produisant au hasard entre deux gamètes qui, lors de leur formation, ont hérité de façon aléatoire de l'on des chromosomes de chaque paire, et donc des allèles des gènes portés par ces chromosomes. Il faudra compléter cela par un schéma titré et légendé du mode de formation des gamètes (comme celui-ci).

2 - Nous sommes uniques car nous résultons aussi de l'effet de notre environnement, qui modifie notre développement et influence notre personnalité.

Conclusion : nous sommes à la fois le produit d'un génome unique et d'une histoire unique, donc nous sommes uniques... CQFD(1)

Exercices

(les mots colorés signalent un raisonnement de type scientifique).

1 - Calcul mental (2 pts)

Un chromosome contient deux chromatides copies l'une de l'autre. Le gène a est donc présent 2 fois, de façon identique, sur un chromosome "en X". Sur une paire de chromosomes, le gène a est donc présent 4 fois. Par contre, les allèles de a ne pourront différer que sur des chromosomes différents, mais de la même paire. On ne peut donc avoir, au maximum, que 2 allèles de a.

2 - Cinema et génétique (6 pts)

film	idées correctes	erreurs
Jurassic park	Les gènes contiennent toutes les informations relatives à une espèce	Même si on récupérait les gènes des dinosaures, il n'y a plus de cellules permettant de les utiliser! L'ovule de grenouille ne permet que le développement...de grenouilles!
Bienvenue à GATTACA	Les gènes d'un individu peuvent donner des renseignements sur ses caractères futurs et sur les risques de quelques maladies.	Les gènes ne contiennent aucune information précise sur la durée de vie des individus, qui dépend fortement de leur environnement et de leur histoire.
Alien IV	Deux clones possèdent le même génome	Ce sont des individus différents: ils n'ont ni les mêmes souvenirs, ni la même histoire, ni la même personnalité.

3 Bêtises sur le net

31 –*Quand la cellule sexuelle se forme, les différents chromosomes se répartissent au hasard entre les cellules filles. Cette répartition est compensée par celle que subit l'autre cellule sexuelle correspondante: si une cellule mère a donné un spermatozoïde A possédant 10 chromosomes et un autre, B, à 36 chromosomes, alors A ne pourra féconder qu'un ovule à 36 chromosomes et B un ovule possédant 10 chromosomes. C'est pour cela que très peu de spermatozoïdes peuvent parvenir à féconder l'ovule"*

Quand la cellule sexuelle se forme, un chromosome de chaque paire se répartit au hasard entre les cellules filles. Les gamètes possèdent un demi-génome, qui est reconstitué lorsque le spermatozoïde féconde l'ovule"

Ce n'est pas parce que l'on trouve une information sur un site web qu'elle est exacte! Il faut toujours vérifier qui est celui qui donne cette information, et savoir si on peut lui faire confiance...

32 - Vous avez bien entendu reproduit un schéma comme celui-ci avec 6 chromosomes au départ, formation puis séparation des paires, et trois chromosomes dans chaque gamète à l'arrivée.

4 - Un problème expérimental

En 1672, pourquoi De Graaf ne trouve-t-il pas de spermatozoïdes dans les lapines? Plusieurs hypothèses sont possibles:

- il y en a trop peu pour qu'il puisse les mettre en évidence.
- Les microscopes de l'époque ne donnent pas d'assez bonnes images pour les identifier clairement
- il ne les cherche pas au bon endroit: il cherche les spermatozoïdes au niveau de l'ovaire juste après l'accouplement, alors qu'ils sont encore dans l'utérus (revoir vos cours de quatrième, oui, ceux que vous avez perdus).

Ces trois hypothèses peuvent être vraies en même temps (on dit simultanément)

5 - Vrai ou faux (4pts):

F (n'oubliez pas les gamètes!) - V - F - V

6 - Un individu malchanceux (4 pts)

(*47 chromosomes: 21 paires normales, 3 chromosomes 13, 2 chromosomes X*).

Puisque cet individu possède deux chromosomes X, on peut affirmer qu'il est du sexe féminin.

Cet individu possède 3 chromosomes 13. Lors de la formation de ses gamètes (des ovules), ces trois chromosomes vont se répartir entre les gamètes formés: l'un va hériter d'un chromosome 13 et l'autre de deux. La moitié des gamètes formés seront donc "anormaux" et comporteront 2 chromosomes 13.

Si un spermatozoïde rencontre un ovule de cet individu:

- soit c'est un ovule "normal" avec un chromosome 13, alors une paire de 13 est reformée et l'enfant sera normal
- soit c'est un ovule possédant 2 chromosomes 13, et dans ce cas le futur enfant, avec 3 chromosomes 13, sera trisomique. Il y a donc 50 % de risque d'obtenir un enfant trisomique (*dans la réalité, ce risque est de 0 car les individus souffrant de trisomie 13 ne vivent pas assez vieux pour pouvoir avoir des enfants*).

7 - Un ancien schéma (5 pts)

Visiblement, ce schéma décrit la division d'une cellule. On peut observer 8 "points" noirs qui se répartissent en 2 x 4 points. Il s'agit donc (et c'est le titre) d'une division cellulaire conduisant aux gamètes, ou encore d'une division cellulaire avec réduction du nombre de chromosomes (les points noirs).

Un commentaire :

En C, les 4 paires de chromosomes sont formées et accolées, en deux groupes de 4. En D, les paires de chromosomes sont alignées puis (E) il y a séparation des paires en deux groupes de 4 chromosomes. Le nombre de chromosomes étant réduit, les cellules obtenues ne posséderont qu'un demi-génome et seront donc des gamètes.

8 - Lyons club (4 pts)

Il s'agit d'une tache noire qui n'est visible que dans les noyaux des cellules femelles. Comme cette tache "disparaît lorsque la cellule se divise, puis réapparaît ensuite dans les deux cellules - filles", on peut remarquer qu'elle se comporte à l'inverse des chromosomes, qui eux apparaissent lorsque la cellule se divise et disparaissent ensuite. Il est donc possible que ce corps de Barr soit un chromosome (il est dans le noyau) mais pour expliquer son comportement, on doit supposer que c'est un chromosome "déroulé" qui est visible.

Comme il n'est visible que chez les individus femelles, on pourrait même penser que c'est un (ou deux ?) chromosome X déroulé...

9 - philosophie (2 pts)

Pourquoi, en sciences, peut-on, dire que les questions sont souvent plus importantes que les réponses ?

Il y a plusieurs façons de répondre à cette question, mais il est facile de comprendre en prenant l'exemple de nos définitions successives du gène: pour une même notion, nous avons obtenu trois définitions successives, exactes toutes trois, mais de plus en plus précises. Il s'agissait de répondre à une question: comment se transmettent les caractères héréditaires? En progressant, les réponses changent, mais la question demeure !

L'histoire de R. Camerarius, le découvreur du rôle du grain de pollen, illustre un autre intérêt des questions: même si on ne peut y répondre tout de suite, elles demeurent posées et peuvent surgir d'une découverte. Mais (et c'est assez évident!), on ne peut trouver des réponses que si l'on connaît les bonnes questions!

C'est pour cela qu'en sciences les questions que l'on se pose ont souvent plus d'importances que les réponses obtenues.

10 - Citation (2 pts)

Le biologiste J.C. Ameisen signale dans cette phrase (tirée de La sculpture du vivant ed. point, p.174) que, lorsqu'un embryon se forme, il ne suit pas un «programme» précisément décrit dans ses gènes, mais se structure aussi en fonction des informations reçues de son environnement. Comme il existe une part de hasard dans le développement d'un embryon, une identité génétique ne correspond pas à une identité des individus. Deux clones sont donc bien deux individus différents, même s'ils sont génétiquement identiques.

Rédaction

" Le spermatozoïde il spide dans l'ovule, y fout ses chrosome dans le noyo de l'ovule qui a lui aussi ses moitié de chrosome, et puis les deux ensemble ça fait un complet de crosome comme dans les autres cellules."

Le spermatozoïde pénètre dans l'ovule et libère ses 23 chromosomes dans le cytoplasme de l'ovule, qui possède lui aussi 23 chromosomes, un de chaque paire. Les deux lots de chromosomes reconstituent un ensemble complet de 23 paires de chromosomes, comme dans les cellules non reproductrices de l'organisme.

Traduction

Van Beneden's epoch-making discovery that the nuclei of the conjugating germ-cells contain each one-half the number of chromosomes characteristic of the body-cells has now been extended to so many plants and animals that it may probably be regarded as a universal law of development".

La découverte, réalisée à l'époque de Van Beneden, que les deux gamètes ne contiennent chacun que la moitié du nombre de chromosomes caractéristiques des cellules du corps a maintenant été étendue à tant de plantes et d'animaux qu'elle peut être réellement considérée comme une loi universelle du développement"

Nom & prénom:

EVALUATION 2 - GENETIQUE

1 (4 pts) Définir les termes suivants:

Allèle:

Génome:

2 Croissance et différenciation

Au tout début de votre passionnante existence, vous étiez une simple cellule, la cellule-oeuf.

21 (1 pts) Le génome d'une de vos cellules musculaires est-il différent de celui de la cellule-oeuf ?

22 (2 pts) Un gène **a** est présent sur un chromosome. Sur une paire de chromosomes "en X", combien de fois le gène a est-il présent? Combien d'allèles de ce gène sont-ils présents au maximum? (justifier brièvement vos réponses)

23 (6 pts) Sur un (grand!) schéma titré et légendé, au dos de cette feuille, représentez la façon dont se répartissent les chromosomes lors de la formation des gamètes (pour simplifier, vous ne représenterez que **4** chromosomes sur les 46).

3 Un singe comme les autres ? (6 pts)



Une étude parue dans la revue "Nature" en mai 2005, et confirmée en 2006, montre que **seul 1 % des gènes sont différents entre les Humains et les Chimpanzés**. Ces différences sont localisées dans des zones précises du génome correspondant aux fonctions de reproduction, d'immunité et d'odorat. Entre deux humains pris au hasard, la différence de génome est d'environ 0,1 %

31 (3 pts) - Quelles conclusions peut-on tirer de cette découverte ?



32 (2 pts) - Proposez une hypothèse plausible permettant d'expliquer pourquoi il existe un tel écart d'intelligence entre hommes et chimpanzés alors qu'ils ont en commun 98.7 % de leurs gènes.

33 (1 pts) - Au vu de ces résultats, doit-on dire que les humains sont des singes comme les autres ou bien que les singes sont des humains comme les autres ? (justifier votre réponse)

EVALUATION 2 - GENETIQUE - Corrigé

1 (4 pts)
Allèle: version d'un gène, information correspondant à un gène donné/
Génome: ensemble des gènes d'une cellule, d'un être vivant ou même, par extension, d'une espèce.

2 Croissance et différenciation
21 (1 pts) Le génome d'une de nos cellules musculaires n'est pas différent de celui de la cellule-oeuf. En effet, la cellule musculaire est une cellule somatique obtenue par reproduction à l'identique de la cellule œuf.
22 (2 pts) Sur une paire de chromosomes "en X", on a 2 fois 2 gènes (car un X correspond à un original + une copie). On a donc 4 gènes.
Toutefois, original et copie sont identiques, donc portent le même allèle. Il n'y a donc possibilité que pour 2 allèles différents au maximum.
23 (6 pts) Cf cours! 4 chromosomes avec alignement **PAR PAIRES**. On obtient 4 gamètes à 2 chromosomes chacun...

3 Un singe comme les autres ? (6 pts)
31 (3 pts) - On peut mettre en évidence les conclusions suivantes:
- Il y a très peu des différences entre les gènes des humains et des singes. Cela signifie sans doute que ces deux espèces ont eu, il y a peu (pour des géologues!) un ancêtre commun.
- Les différences entre humains et singes ne dépendent sans doute pas toutes des gènes mais de la façon dont ils s'expriment dans leur milieu.
- Une faible différence en nombre de gènes peut correspondre à d'importantes distinctions au niveau des individus. Toutefois, il y a 10 fois plus de différences entre humain et singes, en nombre de gènes différents, qu'entre deux humains de même sexe, même très différents.

32 (2 pts) - L' écart d'intelligence entre hommes et chimpanzés montre que l'importance des gènes n'est pas liée à leur nombre, mais à l'information, aux allèles qu'ils représentent. Peu de différences en quantité peuvent aboutir à des grandes modifications en qualité. L'évolution peut donc être "rapide"
33 (1 pts) - Au vu de la faible différence entre les humains et les singes, on peut dire que les humains sont des singes comme les autres. En effet, un "singe" ne représente pas une espèce particulière, mais un groupe (chimpanzés, gorilles, gibbons...) alors que le terme "humain" se rapporte à une espèce particulière: l'espèce humaine!

Manuel libre & gratuit.

Copiez-le !

Téléchargez-le !

Donnez-le !

Remarque sur les programmes
Dans ce manuel, je considère les programmes officiels de la classe de troisième non comme le maximum de ce que doivent savoir les élèves, mais comme le minimum permettant de leur ouvrir l'esprit.
Les programmes sont donc parfois complétés dès que la compréhension globale d'un phénomène l'exige, sans toutefois dépasser le niveau que l'on peut attendre d'un élève motivé de troisième.

VOUS VENEZ DE TERMINER LE CHAPITRE 1.

Les 2 autres chapitres, ainsi que des documents supplémentaires, sont disponibles sur le site web dédié à ce manuel, qui sera régulièrement tenu à jour et permettra de le faire évoluer, lui aussi...

RR

Avant de partir....

L'auteur de cet ouvrage

Je suis prof de SVT. Chercheur de formation, je n'ai pas trouvé d'emploi après m'être spécialisé dans la physiologie animale. J'ai enseigné à plusieurs niveaux: séminaires, université, formation d'adultes, lycée et collège.



Ancien élève de math-sup & math-spé bio techno, j'ai également étudié et enseigné la physique. Je m'intéresse à la philosophie des sciences, aux méthodes d'enseignement et à divers problèmes scientifiques liés aux origines de la vie. Ayant rédigé une trentaine d'articles scientifiques ces dernières années, j'ai décidé, au vu de l'inadaptation des manuels envers les élèves et connaissant la charge financière que représente l'achat de milliers de manuels, de rédiger le premier manuel, en français, libre et gratuit, de SVT pour les troisièmes.

Puisse t'il en inspirer bien d'autres, et de meilleurs !

R. Raynal
Dr de l'université de Toulouse.

Support en ligne



Le site www.exobiologie.info sera votre lien vers les mises à jour du manuel. Vous pourrez également joindre directement l'auteur.

Le site du manuel vous apportera les dernières versions et corrections, des documents supplémentaires ainsi que les "podcasts" disponibles depuis la rentrée 2008.

Évitez d'imprimer



Un document sous forme électronique doit le rester le plus possible: c'est ainsi que vous aurez accès à toute sa richesse, à ses liens, ses vidéos et ses possibilités de navigation. Imprimer est le plus souvent inutile, et représente une dépense (en encre surtout, en papier ensuite) qui n'est pas négligeable. Si vous le pouvez, conservez et utilisez ce manuel sous sa forme électronique.

Iamque opus exegi, quod nec Iovis ira nec ignis nec poterit ferrum nec edax abolere vetustas. Cum volet, illa dies, quae nil nisi corporis huius ius habet, incert spatium mihi finiat aevi: parte tamen meliore mei super alta perennis astra ferar, nomenque erit indelebile nostrum.

Ovide, Métamorphoses, livre XV, 871-876

Remerciements

Institut de recherche

Je remercie le Howard Hugues Medical Institute, qui réalise et met gratuitement à disposition de tous, sur son site, d'excellents documents et cours en vidéo. Merci aussi à The American Society for Cell Biology.

Institutions

Je remercie Wikipedia et ses contributeurs qui mettent à disposition d'excellents documents sous licence wikimedia commons.
Je remercie aussi le congrès des USA pour le Federal Research Public Access Act exigeant de toute agence fédérale l'accès permanent, libre et gratuit pour tous aux publications scientifiques.
Enfin, mention spéciale pour les concepteurs des licences creative commons et GNU qui ont permis de trouver (et de créer) facilement des documents pour cet ouvrage.

Chercheurs

Que soit remercié Ted Salmon, de l'université de Caroline du Nord, pour son autorisation d'utiliser son film sur la division cellulaire ainsi que *James* LaFountain et Rudolf Oldenbourg pour leur vidéo de la méiose.

Tout le monde peut lire ce manuel ! (enfin presque !)



LES PROTECTIONS DE L'ORGANISME

Notre environnement est peuplé de nombreux micro-organismes potentiellement dangereux.

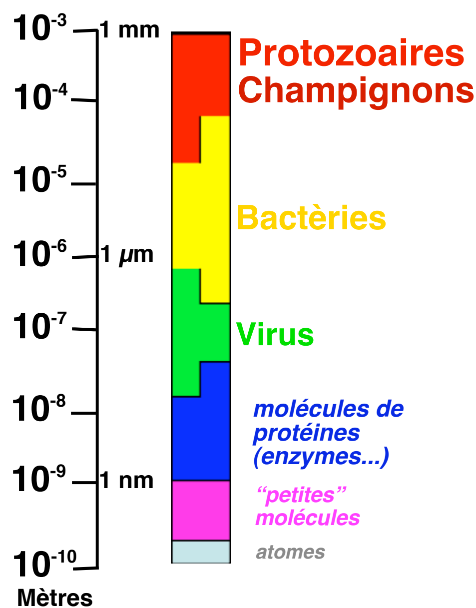
Le lundi 15 novembre 1677, la société royale de Londres (une des premières assemblées scientifiques) vérifia les affirmations d'un marchand de tissu hollandais, Leeuwenhoeck, qui se passionnait pour la fabrication de lentilles de verre et réalisait depuis quelques mois de nombreuses observations au moyen de son microscope. Leeuwenhoeck affirmait avoir découvert dans des gouttes d'eau des animaux minuscules: "un million de ces animaux aurait à peine égalé la grosseur d'un grain de sable". De plus, "dans une goutte d'eau poivrée, ces êtres invisibles se multiplient avec une telle fécondité que j'en ai compté plus de 2 millions sept cents milles.» Les membres de la société royale reconnurent la découverte du Hollandais, l'élurent membre de leur société, et Leeuwenhoeck poursuivi ses observations, découvrant même ses étranges et minuscules animaux sur ses propres dents. Il révéla ainsi l'existence de formes de vies microscopiques inconnues jusqu'alors: le monde des micro-organismes pouvait à présent être exploré. Il allait se révéler plus vaste et plus ancien que personne ne l'avait encore imaginé.

1 - Des agresseurs variés et omniprésents: bactéries, virus, champignons et protozoaires.

Très rapidement, les scientifiques découvrirent que les micro-organismes vivent partout dans notre environnement, il n'existe pas un seul milieu sur notre planète où l'on ne trouve ces êtres vivants. Ainsi, des micro-organismes vivent et prospèrent non seulement sur tous les objets que nous utilisons, mais également sur notre peau et dans tous les replis accessibles de notre corps (la bouche, le nez, le gros intestin, le vagin...).

Établir le rapport entre des êtres vivants invisibles et les maladies ne fut pas facile: Spallanzani, après bien des controverses avec des scientifiques célèbres de son époque, montra que les micro-organismes se reproduisent. Plus tard, et bien qu'ils se soient cordialement détestés, le Français Pasteur et l'Allemand Koch établirent que certains micro-organismes étaient responsables de maladies (cf exercice 6) touchant non seulement les hommes, mais aussi le bétail (1). Pour être juste, Pasteur montra aussi que ce sont des micro-organismes, les levures, qui sont responsables de la transformation des sucres en alcool lors de la fabrication des boissons alcooliques (exercice 4). Tous les micro-organismes ne sont donc pas maléfiques !

Les micro-organismes ne provoquent des maladies que s'ils arrivent à rentrer dans l'organisme en franchissant une frontière comme la peau par exemple. On dit que ces êtres vivants sont pathogènes (2).



On différencie plusieurs familles :

- Les protozoaires sont des êtres vivants unicellulaires (vous en avez observé en sixième au microscope, dans une goutte d'eau croupie). Ils vivent souvent dans l'eau, mais peuvent aussi être transmis par une piqûre causée par des insectes.
- Les champignons sont des êtres vivants qui se développent à l'intérieur de leur nourriture, sous forme de longs filaments appelés mycéliums. Les maladies qu'ils provoquent sont des mycoses.
- Les bactéries sont des cellules sans noyau apparent, de petite taille, en forme de sphères (coques) ou de bâtonnets (bacilles). Ce sont des formes de vies extrêmement diversifiées et très anciennes.
- Les virus sont si petits (3) qu'ils ne sont visibles qu'en microscopie électronique (avec des grossissements de plusieurs dizaines de milliers de fois). Ils utilisent pour se reproduire d'autres cellules (en les tuant le plus souvent).

1 - La responsabilité des micro-organismes dans les maladies a d'ailleurs été tout d'abord découverte au sujet de maladies touchant des animaux nécessaires à l'activité économique: vers à soie, moutons, vaches...

2 - du grec (encore!) pathos (le mal) et gennân (faire, qui a donné le verbe générer). Les pathogènes "provoquent la souffrance" puisqu'ils causent une maladie s'ils pénètrent l'organisme.

3 - Si une bactérie avait la taille d'un ballon de rugby, un virus aurait la taille d'un bonbon tic-tac... Cela est valable pour l'écrasante majorité des virus, mais il existe des virus géants et des bactéries naines....

L'origine des maladies

Des idées à qui il manquait une technique, la microscopie.

La contagion, connue depuis toujours

très tôt, les humains se sont rendu compte que la fréquentation des malades pouvait être dangereuse! Aristote (encore lui) avait eu l'idée de la transmission de quelques maladies par des éléments invisibles. Au 14e siècle, le médecin Fracastoro pensait que des êtres vivants invisibles provoquaient des maladies alors très répandues, comme la tuberculose et la syphilis. Sans aucune preuve, leurs idées ne furent pas acceptées. De plus, il était dangereux de s'opposer à ceux qui pensaient que les maladies étaient un châtiment divin.

Des hypothèses variées pour l'origine des maladies

L'hypothèse la plus ancienne est que la maladie est une punition pour avoir offensé un dieu (cette idée est encore répandue dans de nombreux pays). De l'antiquité à la renaissance, les scientifiques considéraient surtout que la bonne santé était due à un équilibre entre les différents liquides du corps. Les maladies étaient causées par l'excès ou le manque d'un de ces liquides (d'où la saignée si l'on pensait qu'il y avait "trop" de sang).

A la même époque, de nombreux scientifiques pensaient qu'il existait dans l'air des espèces de gaz, les miasmes, causant les maladies. En effet, l'existence de produits toxiques, utilisés comme poisons, était connue dès l'antiquité, et un gaz empoisonné invisible pouvait logiquement s'imaginer.

Après la découverte des micro-organismes, il est apparu que les maladies étaient causées par des micro-organismes.

Pas si simple...

Mais toutes les maladies ne sont pas dues aux micro-organismes: certaines peuvent être causées par des poisons, par l'alimentation, par un dérèglement du fonctionnement des cellules et même par un mauvais fonctionnement de notre système de défense contre les micro-organismes...



Sites à visiter

Le site de ce manuel

Le monde des bactéries

Hygiène et sécurité

les mycoses

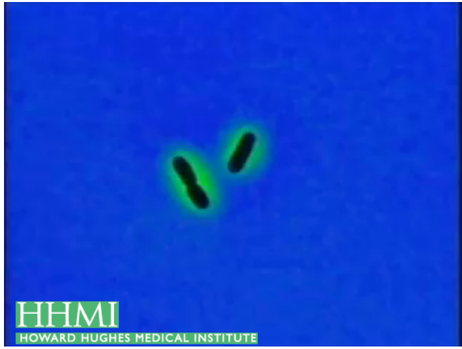
Une maladie causée par un protozoaire: le paludisme

N'oubliez pas les nombreuses vidéos sur Youtube et autres Daily motion avec comme mots clef bactéries, virus, mycoses ou épidémies...



Photos ci-dessus, de gauche à droite: 4 protozoaires, responsable du paludisme, colorés en violet, dans le sang d'un malade (de nombreux globules rouges sont visibles) x 200. Un champignon aspergillus (filaments verts, les sphères violettes sont des spores assurant sa reproduction x 400. Des bactéries E coli au microscope électronique, x 15000 . Tout un lot de virus accrochés à la surface d'une bactérie (dont on ne voit que la moitié) x 150 000.

µ-organisme	Taille en m	Exemple de maladies provoquées
Protozoaires	de 10^{-4} (Amibe) à 10^{-6} (Plasmodium)	Paludisme, toxoplasmose, diverses maladies intestinales aux noms imprononçables ...
Champignons	10^{-5} (Candida)	Mycoses (peau, ongles...)
Bactéries	de 10^{-6} (Staphylocoque) à 10^{-7} (Mycoplasme)	Peste, lèpre, choléra, syphilis, listériose...
Virus	de 10^{-7} (Variole) à 10^{-8} (Poliomyélite)	Grippe, Rhume, gastro-entérite, hépatite, herpès, varicelle, rougeole, verrues, SIDA...



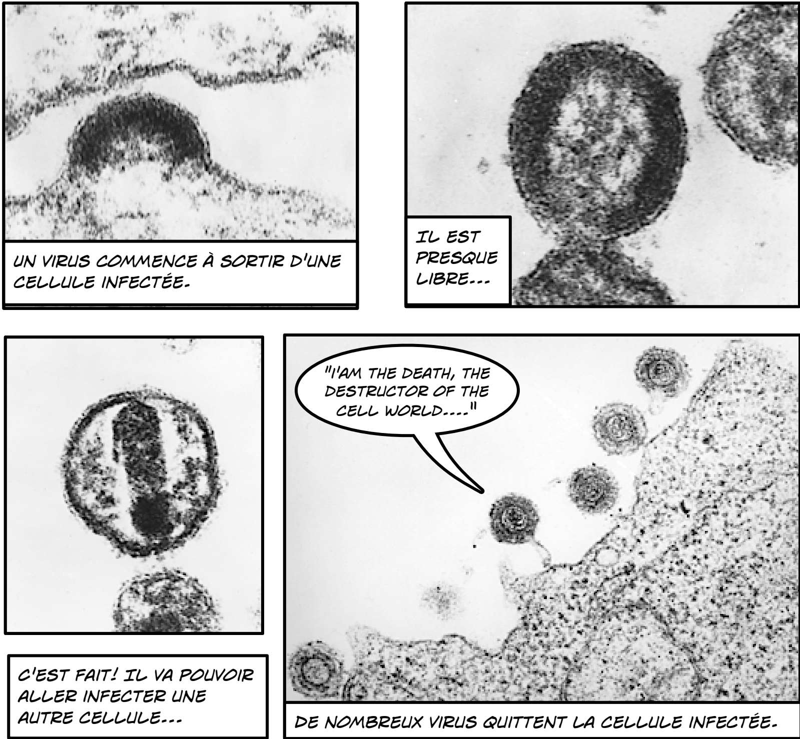
Reproduction des bactéries (accélérée)

Les micro-organismes se reproduisent à des vitesses différentes.

Protozoaires, champignons et bactéries sont capables de se reproduire seuls, par simple division: ils peuvent envahir rapidement un milieu. En effet, a chaque génération le nombre d'individus double. Il suit donc une progression suivant les puissances de 2 (1 - 2 - 4 - 8 - 16 - 32...).

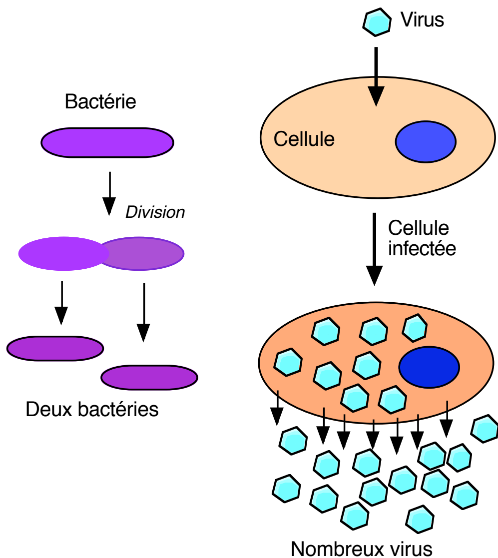
Les virus se reproduisent encore plus rapidement. Un virus pénètre dans une cellule puis va utiliser celle-ci pour fabriquer des milliers de copies de lui même. Les copies sortent ensuite de la cellule pour en infecter de nouvelles. Si un virus fabrique 1000 copies de lui même, alors à chaque génération le nombre de virus peut augmenter de façon gigantesque (1 - 1000 - 1 million - 1 milliard...).

Le plus souvent, la cellule infectée par un virus meurt, mais même si elle survit elle peut se transformer en "usine à virus", et parfois même être suffisamment perturbée pour se transformer en cellule à l'origine d'un cancer.





Reproduction d'un virus (schématisée)



Comparaison de la reproduction des bactéries et des virus

photos de la page:



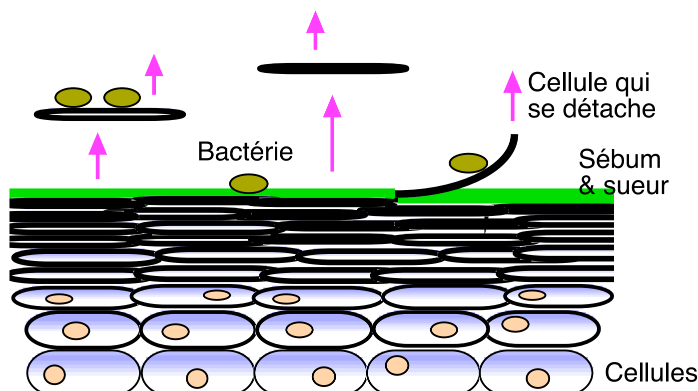
2 - La peau et les muqueuses sont des barrières difficiles à franchir

Puisque nous sommes encerclés par les micro-organismes, on peut se demander pourquoi nous ne sommes pas malades plus souvent! Les hommes ont très vite remarqué, depuis les temps lointains où l'on s'étripait joyeusement avec des instruments tranchants, que de nombreuses infections se produisaient aussitôt que la peau était entamée ou détruite par des plaies ou des brûlures.

La peau est en effet le premier rempart contre les micro-organismes. Aucun microbe n'est capable de traverser une peau saine (1). La peau est composée de plusieurs couches (vous avez de la chance: vous n'avez pas à apprendre le détail de sa structure!) que vous avez peut-être observées au microscope. La surface de la peau est constituée d'un empilement de cellules mortes qui se détachent en permanence (2), emportant avec elles les bactéries collées à la surface. De plus, la peau se protège aussi en fabriquant des sécrétions (3) et en hébergeant des bactéries "amies" (4) qui vivent à sa surface et s'opposent à l'installation de bactéries indésirables.

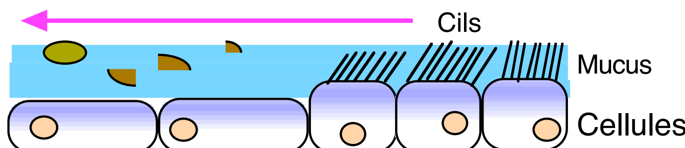
Comme un rapide passage de votre langue à l'intérieur de vos joues va vous le confirmer, toutes les surfaces de notre corps en contact avec l'extérieur ne sont pas recouvertes de peau: les cavités (bouche et tube digestif, voies respiratoires, génitales) sont recouvertes par un revêtement que l'on appelle une muqueuse. Les muqueuses fabriquent un liquide gluant qui les recouvre et sert de piège à micro-organisme : le mucus.

Le mucus englue les bactéries et les champignons, les immobilise et contient des substances (enzymes) toxiques pour ces envahisseurs. Comme le mucus se "salit" en permanence, il est renouvelé constamment, l'ancien mucus étant soit éliminé (tube digestif, voies génitales) soit chassé au moyen de cils vers le tube digestif (5).



La peau protège l'organisme: *des cellules profondes se divisent rapidement, les nouvelles cellules s'affinent puis meurent et forment une couche imperméable à la surface du corps. Ces cellules mortes se détachent en permanence (flèches roses), empêchant les bactéries de s'installer facilement. De plus, la peau produit du sébum et de la sueur (en vert) qui contiennent des molécules toxiques pour les micro-organismes et qui abaissent le pH de la peau.*

Les muqueuses protègent l'organisme



Des cellules de la muqueuse fabriquent une épaisse couche de mucus qui englue et détruit les micro-organismes. Ce mucus est renouvelé soit en s'écoulant (flèche) soit par le battement de cils microscopiques.

1 - Enfin, presque! Comme nous sommes en biologie, il existe bien entendu une exception: la bactérie (*Francisella Tularensis* de son petit nom) responsable d'une maladie (la tularémie) est capable de traverser une peau saine. Vous devinez qu'elle est extrêmement dangereuse.

2 - plus de 75% de la poussière, dans une maison, est constituée des débris de peaux mortes de ses habitants... Faites le ménage!

3 - la sueur salée, mais aussi et surtout le sébum, qui donne des boutons disgracieux s'il est fabriqué en trop grandes quantités, ce qui est fréquent à l'adolescence...

4 - ces bactéries "amies" sont dite commensales. Elles occupent le terrain, mais elles ne sont inoffensives que si elles restent à l'extérieur de l'organisme. Elles se nourrissent de sueur, et leurs déchets sont à l'origine de l'odeur inimitable des vestiaires de salles de sport. Pour limiter la tendance de ces bactéries à se multiplier, il faut de temps à autre se laver...

5 - les cils de votre trachée font remonter toutes les saletés interceptées dans l'air que vous respirez dans votre gorge. Vous l'avalez sans vous en rendre compte. Bon appétit!

Unicellulaire: Être vivant constitué d'une seule cellule qui ressemble aux nôtres (avec noyau)
Muqueuse: revêtement fin de l'intérieur des cavités du corps.
Virus : agent capable de se faire reproduire en de nombreux exemplaires par l'intérieur des cellules .
Pathogène : être vivant capable de provoquer une maladie

Pendant le cours...

Questions d'élèves

Le bon élève (toujours énervant)

Est-ce que toutes les bactéries sont pathogènes ?

Pas du tout, c'est même très rare : moins de 1% des bactéries peuvent provoquer des maladies chez un humain en bonne santé.

Le fayot

On perd sa peau quand on se brûle?

Oui, et plus la brûlure est étendue et plus elle est dangereuse. Les grands brûlés sont exposés aux infections, et il est nécessaire de leur greffer de la peau pour recréer une barrière contre les bactéries..

Le roi du livre des records

C'est qui le plus gros virus ? Et le plus petit ?

Le plus gros virus connu a été découvert en 1992, mais il est si "gros" (400 nm) qu'on l'a pris pour une bactérie jusqu'en 2003. On l'appelle le mimivirus. Le plus petit virus connu mesure 20 nm, c'est un parvovirus qui peut être dangereux pour l'enfant d'une femme enceinte.

Celui qui veut se faire bien voir en proposant des TP

Il est ou le sébum ? On le voit pas ?

Le sébum est partout sur ta peau. Dépose une goutte d'eau sur ta main, elle reste ronde, sans s'étaler à cause du sébum graisseux. Si tu frottes ta peau avec un coton imbibé d'alcool, tu dissous le sébum. En déposant une goutte à l'endroit frotté, tu vois qu'elle s'étale.
En regardant le coton, tu pourras voir des traces marron clair: le sébum et des cellules mortes de ta peau...

Celui qui va se faire sacquer à la prochaine interro:

Les virus, ils sont vivants ?

Heu... Vaste problème... Les virus sont... heu... des virus*. Tout dépend ce que l'on entend par vie... Disons qu'ils sont à la limite entre le vivant et le non-vivant... Tu ne préfères pas que l'on parle des bactéries ?
* définition donnée par un spécialiste des virus...

Des films pour réfléchir



Alerte (1995, W Petersen)
Philadelphia (J. Demme, 1993)
Séries TV: NIH, Regenesis

3 - l'hygiène, individuelle ou collective, permet de prévenir les infections

Vous avez dû étudier en Français certaines pièces de Molière et remarquer que, souvent, les médecins y ont mauvaise réputation. En effet, à son époque, les pratiques médicales utilisaient des techniques inefficaces et des instruments malpropres qui avaient surtout pour effet d'aggraver, parfois définitivement, l'état du malade.

Bien avant de découvrir les micro-organismes, de nombreuses pratiques permettaient d'éviter ou de limiter les infections et les maladies. Ces actes simples, à l'origine simplement esthétiques, diminuent le risque de maladies en assurant la propreté des personnes et des habitations

31 - la propreté permet d'éviter des infections

Si vous lisez la composition des savons et des shampooings (les caractères microscopiques, écrits en latin pour faire plus compliqué) vous retrouverez partout la présence "d'agents tensio-actifs". Ce sont ces molécules, responsables de la formation de la mousse, qui agissent sur les micro-organismes situés à la surface de notre peau.

Les produits contenant des tensioactifs (1) détachent les bactéries de la surface de la peau et permettent leur élimination. Les différents dépôts graisseux présents à la surface de la peau et pouvant servir de nourriture à des bactéries potentiellement dangereuses sont également éliminés. L'usage fréquent du savon (oui, même derrière les oreilles) permet de maintenir la peau en bon état et évite de nombreuses maladies. Beaucoup de contaminations (la plupart des gastro-entérites par exemple) sont en effet transmises par les mains qui vont transporter les bactéries et les virus de sièges de toilette en poignées de portes et de ballons de foot en paquets de chips...

Au niveau individuel, l'usage des savons permet donc d'éviter de très nombreuses infections. Toutefois, les savons ne tuent pas les bactéries (3). Vous avez chez vous des produits qui éliminent quasiment la totalité des micro-organismes, mais ils sont utilisés pour le nettoyage des sols ou des surfaces de la cuisine. On dit que ces produits sont bactéricides. Un des plus célèbres, des plus anciens et des plus efficaces est l'eau de Javel (qui entre dans la composition de nombreux produits de nettoyage).

Notre comportement permet donc d'échapper facilement à de nombreux risques d'infection. Toutefois, il est aussi nécessaire de protéger la santé d'une population entière, à grande échelle, pour éviter les épidémies. Il existe tout un ensemble de mesures visant à éviter que des maladies ne se développent dans une population. Ce mode de lutte collectif contre les maladies porte le nom barbare de prophylaxie. Les mesures prises pour éviter une infection sont nombreuses, et certaines très anciennes: l'information, l'isolement des malades, le nettoyage et la désinfection des habitations.

Une des mesures les plus efficaces contre les infections a été, historiquement, la construction des systèmes d'égouts dans les villes. Plus près de nous, les campagnes de vaccination et de prévention contre certaines maladies (pensez aux spots TV sur le SIDA, les champignons qui s'attaquent aux ongles où à ceux prévenant des dangers de la grippe à chaque automne...) permettent aussi de protéger, dans une certaine mesure, une population entière des maladies (4).

---

1 - Savons et shampooings, mais aussi lessives, liquide vaisselle, nettoyants ménagers...

2 - 80 % des maladies infectieuses courantes (rhume, grippe) sont propagées par les mains. Comment bien les laver ? (non, je ne vous prends pas pour des imbéciles - cliquer ici (Agence de santé publique du Canada)

3 - Ils les détachent de la peau et les font glisser dans l'eau savonneuse... Évitez donc de boire (ou de faire boire au petit frère au autre) l'eau de votre bain, et n'oubliez pas de rincer votre baignoire où la douche...

4 - De nombreux pays possèdent des administrations qui sont chargées de surveiller l'état de santé de la population, de détecter les débuts d'épidémies et d'essayer d'éviter leur extension.

Une petite histoire de l'hygiène corporelle.

L'antiquité et le moyen-âge, des époques (relativement) propres.

Vous avez étudié en sixième l'Empire romain, donc vous vous souvenez (vous devriez....) que les bains y étaient très répandus. Souvent, les empereurs faisaient construire des thermes grandioses, mais même les pauvres se lavaient régulièrement (dans les rivières et les lacs), le bain étant considéré comme une nécessité.

Au moyen âge, des établissements de bain fonctionnaient, mais petit à petit l'église s'est rendu compte que ces lieux n'étaient pas seulement des endroits où l'on se nettoyait (on y faisait aussi des massages, et des rencontres....). Ces bains furent donc fermés. Après les premières épidémies de Peste, certains scientifiques et religieux accusèrent l'eau de "dilater" les pores de la peau, ce qui "laisser entrer" la peste. Les bains se firent donc exceptionnels. Dans d'autres parties du monde (Asie en particulier), l'hygiène du corps était par contre pratiquée avec attention (c'était même une obligation religieuse).

Cela se dégrade à la Renaissance, en Europe

On se lave très peu, et l'absence d'égouts n'arrange rien: à la cour de Versailles, l'odeur est épouvantable. Le linge est (à peu près) propre, mais de puissants parfums et des perruques essaient de masquer la puanteur des personnes.
Lorsque les premiers navigateurs européens atteignent le Japon en 1543, leur odeur est telle qu'ils sont pris pour des animaux, et une des premières activités consiste à les laver.

Alors vint Louis Pasteur...

La situation changera lentement, avec la réalisation d'égouts et l'insistance de Pasteur pour se protéger des effets des microbes. Ce n'est qu'au cours du 20e siècle que la disponibilité de l'eau dans les habitations a rendu l'hygiène meilleure, du moins dans les pays industrialisés.

32 - Éviter les infections en détruisant les agents infectieux sur une plaie

Toute blessure est une porte d'entrée pour les bactéries et leurs collègues. La destruction des micro-organismes au niveau d'une plaie est l'antisepsie (1). Elle aide grandement le système de défense de l'organisme (2) en diminuant le nombre d'envahisseurs que l'organisme aura à éliminer. Les produits utilisés sont des antiseptiques. Pour être efficaces, ils doivent à la fois tuer les bactéries et autres micro-organismes et ne pas être dangereux pour nos propres cellules. L'alcool, dilué, est le plus ancien des antiseptiques (3), mais vous en connaissez bien d'autres: le mercurochrome, la Bétadyne, l'eau oxygénée, le Mercryl laurilé...

33 - Éviter les infections en évitant le contact avec l'agent infectieux

C'est la façon la plus simple d'éviter tout risque de contamination! Au moyen âge, certains malades devaient agiter des clochettes pour prévenir de leur arrivée et permettre aux gens de fuir... Plus simplement, l'usage de tenues spéciales, imperméables aux micro-organismes (des gants, par exemple) permet de diminuer les risques. De nombreuses séries médicales ont popularisé les tenues des chirurgiens (4), qui protègent à la fois les malades des bactéries des soignants et les soignants des micro-organismes des malades; mais des précautions sont aussi prises dans de nombreux métiers: restauration (gants, coiffe en cuisine, blouses...), coiffure, spécialistes du piercing... utilisent tout un ensemble de mesures pour éviter de contaminer leurs clients.



Dans cette opération de l'oreille, un maximum de précautions visent à empêcher la contamination du malade par les micro-organismes: outre les tenues stériles et les instruments désinfectés, même le microscope est recouvert d'une housse isolante et stérile. Photo USAF.

De même, les préservatifs isolent des agents pathogènes transmis par le sperme et les sécrétions vaginales: le HIV, bien sûr, mais aussi des bactéries comme le gonocoque ou les neisserias, responsables de maladies beaucoup plus fréquentes que le SIDA mais qui, heureusement, se soignent beaucoup plus aisément.

1 - du Grec (encore - oui, toujours!) anti = contre, et septos = le mal, "ce qui provoque la pourriture".

2 - Que l'on appelle le système immunitaire. Retenez ce nom, vous allez le voir souvent !

3 - C'est aussi le pire, car il est agressif pour nos propres cellules (aïe!)

4 - Et même les scaphandres complets des rares chercheurs qui travaillent dans des laboratoires de très haute sécurité contenant les virus les plus dangereux.



Un des «taxi» (le vrai nom est «vecteur») le plus employé par les micro-organismes pour percer les défenses de notre peau: les moustiques

Les ruses des micro-organismes pour traverser la peau

La plupart des micro-organismes étant incapables de traverser la peau, ils utilisent plusieurs stratégies dont la plus répandue est d'utiliser des insectes piqueurs comme des taxis qui vont les amener à bon port en nous piquant...

Des transporteurs variés.

Parmi les insectes capables de percer notre peau, ceux qui se nourrissent de notre sang offrent un accès direct à l'organisme pour de nombreux micro-organismes pathogènes. Ainsi, les puces transportent et transmettent la bactérie responsable de la peste (ne regardez pas votre chien ou votre chat d'un sale oeil: il n'y a plus de peste en Europe... et il faut traiter ces animaux s'ils ont des puces!).
Les tiques peuvent transporter et injecter la bactérie Borrelia burgdorferi, qui cause la maladie de Lyme (ou borreliose, susceptible d'endommager le coeur et le cerveau), mais les insectes les plus dangereux sont les moustiques, qui dans les régions tropicales transportent les micro-organismes à l'origine de nombreuses maladies graves (paludisme, fièvre jaune, dengue). Le seul paludisme tue un enfant toutes les 30 secondes, et 1 à 3 millions de personnes par an...

Résumé : Notre environnement contient de nombreux micro-organismes. Les protozoaires, les champignons et les bactéries (longues, les bacilles ou rondes, les coques) se reproduisent par division. Les virus doivent pour se reproduire entrer dans une cellule qui va les copier. La peau, recouverte de sébum et de cellules mortes, empêche les microbes de pénétrer à l'intérieur de l'organisme. Dans les cavités du corps, la peau est remplacée par une muqueuse plus fine, souvent recouverte de mucus.
L'hygiène corporelle empêche la multiplication des bactéries et l'utilisation de désinfectants permet de tuer celles qui auraient pu pénétrer la peau au niveau d'une plaie. Le port d'accessoires de protection (gants, préservatifs) prévient le contact avec les microbes. D'autres mesures de protection et de surveillance (prophylaxie), s'adressant à une population, permettent de lutter contre l'expansion d'une maladie.

Questions

1/Qu'est-ce qu'une bactérie ?

2/Quelle est l'ordre de grandeur d'un virus ?

3/Qu'est-ce qu'un antiseptique ?

4/Où trouve t'on des bactéries ?

5/Quelles sont les précautions prises par les chirurgiens pour ne pas transmettre de micro-organismes à leurs patients ?

6/Qu'est-ce que la prophylaxie d'une maladie ?

7/Pourquoi faut il au minimum laver toute plaie ?

8/Où trouve t'on des champignons ?

9/Pourquoi les spécialistes de l'hygiène disent-ils que les gants de toilette devraient être changés chaque jour ?

Colles

1/Réaliser un schéma comparant les tailles des différentes "familles" de micro-organismes.

2/Expliquer le mode de reproduction des virus, et donner, pour ces organismes, des avantages de cette façon de ce reproduire.

3/Expliquer au moyen d'un court texte comment la peau protège l'organisme des envahisseurs microbiens ?

Exercices

1 - Un café chez Leeuwenhoeck (4 pts)

En 1682, Leeuwenhoeck annonce à la société royale de Londres qu'il a observé, dans de la substance blanche qu'il a obtenue en grattant entre ses dents "*des êtres infimes qui se meuvent paresseusement: on dirait de minuscules bâtonnets courbés, des spirales tournoyant dans l'eau comme des tires bouchons et d'autres éléments qui s'agitent comme des brochets*". Quelques années plus tard, il veut refaire les mêmes observations, mais il gratte ses incisives (dents situées en avant de la bouche) juste après avoir bu du café presque bouillant. Il constate alors que les "êtres minuscules" qui s'agitaient en grand nombre lors de sa première observation sont presque tous morts: il n'est resté que "*deux ou trois qui, près de mourir, s'agitent faiblement*".

Par contre, s'il observe la substance blanche obtenue en grattant ses molaires (dents situées au fond de la bouche) il retrouve de nombreux "animalcules" bien vivants.

11- Comment appelleriez-vous les "animalcules" de Leeuwenhoeck ?

12- Comment expliquer les observations réalisées ? Quelle conclusion peut-on en tirer ? Proposer une expérience simple permettant de vérifier vos conclusions.

2 - Spallanzani contre Needham (6 pts)

Après la découverte des micro-organismes se posa la question de leur origine. En 1745, un prêtre Anglais, J.T. Needham, publia ses observations. Écoutons-le (je traduis, quand même): "*j'ai pris du jus de viande de mouton, tout chaud, et je l'ai enfermé dans une bouteille propre que j'ai soigneusement bouchée de manière qu'aucun insecte, ni ses oeufs, ne puissent tomber dans le liquide. J'ai ensuite réchauffé la bouteille et son contenu dans des cendres chaudes, pour que s'il avait subsisté quelque petit animal ou oeuf dans la préparation, il ait été tué. Quelques jours après, j'ai examiné le jus au microscope et j'ai découvert à l'intérieur un fourmillement d'animalcules qui y ont pris naissance. Mon expérience prouve que la vie peut surgir, spontanément, de la matière morte, et que c'est là l'origine de ces animalcules.*"

En Italie, lorsque Spallanzani eut connaissance de ces expériences et de leur conclusion, il s'y opposa: "*ces infiniment petits ne naissent pas du jus de mouton ou de n'importe quoi d'autre, il y a un défaut dans les expériences de Needham, je vais le prouver.*"

21 - Vous qui savez tant de choses et êtes persuadé d'être bien plus malin que ce Spalllanzani d'il y a plus de 200 ans, réfléchissez aux défauts possibles de l'expérience de Needham. Notez-les (oui, un effort, il faut écrire). Puis poursuivez votre lecture (ne trichez pas, les réponses sont dans la suite de l'exo).

Spallanzani se dit (comme vous, à moins que vous ayez triché!) "*Soit ce pitre de Nedhaam n'a pas chauffé ses bouteilles assez longtemps, soit ses bouchons n'étaient pas hermétiques*".

Il prit donc deux lots de flacons emplis de jus de mouton chaud. Il souda le verre du goulot d'un lot de flacon, l'autre recevant les mêmes bouchons "hermétiques" que ceux utilisés par Needham. Il plongea ensuite les flacons dans de l'eau bouillante pendant des durées variables, de quelques minutes à une heure.

Quelques jours après, Spallanzani observa que les flacons à bouchons étaient envahis de microbes, tout comme les flacons soudés qui avaient été plongés dans l'eau bouillante quelques minutes. Par contre, les flacons soudés qui avaient été portés à 100 °C pendant une heure ne contenaient aucun microbe. Triomphant, Spallanzani se dit "*Ce Needham est une andouille, je vais immédiatement prévenir la société royale de Londres des erreurs de cet âne bâté.*" (*Spallanzani s'exprimait réellement comme cela, je traduis juste de l'italien!*)

22 (2 pts) - Pourquoi Spallanzani a t'il répartit ses flacons en deux lots bouchés différemment ?

23 (6 pts) - quelles conclusions pouvez-vous tirer des résultats des expériences de Spallanzani? Quelles ont été les erreurs de Needham ?

24 (2 pts). Peut-on dire que Needham était un scientifique ? Et Spallanzani ?

3 Les quatre phrases du Dr Schwann

En 1837, le Dr Schwann publie une étude complexe qu'il conclut ainsi: "*Faites bouillir soigneusement de la viande, mettez là dans une bouteille propre et amenez-y de l'air au moyen de tubes chauffés à blanc. Elle conservera sa fraîcheur des mois entiers. Mais un jour où deux après que vous aurez enlevé le bouchon et laissé entrer l'air ordinaire chargé de ses animalcules, la viande dégagera rapidement une odeur putride et fourmillera de minuscules êtres vivants, mille fois plus petits qu'une tète d'épingle, qui se tortilleront en dansant. Voilà ce qui avarie la viande!*»

Personne, quasiment, ne trouva intéressante la découverte de Schwann, qui tomba dans l'oubli.

31 - (4 pts) quelles conclusions peut-on tirer de l'expérience décrite par Schwann ?

32 - (4 pts) Schwann réalise ses expériences 97 ans après Spallanzani. Notez les points communs et les différences avec les expériences de Spallanzani (exercice 2). Comment expliquer que presque un siècle après l'abbé italien, l'origine des micro-organismes semble encore si mystérieuse ?

4 - Louis Pasteur les a vus (7 pts)

En 1855, le chimiste Louis Pasteur est professeur et directeur de l'université des sciences de Lille. Un jour, un distillateur qui fabriquait de l'alcool à partir du sucre de betterave se présente, accablé, à son laboratoire: "*Nous avons des ennuis avec nos fermentations, dans certaines cuves le sucre ne se transforme plus en alcool. Nous perdons des milliers de francs chaque jour. Voulez-vous nous aider à l'usine ?*» A cette époque, personne ne savait pourquoi, dans des cuves, le jus sucré de la betterave se transformait en alcool. Pasteur préleva à l'usine des échantillons de liquide provenant des cuves qui ne fonctionnaient plus ainsi que d'autres provenant des cuves en activité. Pasteur était un spécialiste des cristaux. Il se dit qu'il pourrait peut-être en découvrir s'il regardait ses prélèvements au microscope*.

Dans le jus des bonnes cuves; il découvrit alors des petites sphères, certaines collées, d'autres non, d'autres déformés, comme en train de germer. Quelques années auparavant, l'inventeur Cagniard de Latour avait montré que ces sphères, les levures, étaient vivantes.

---

* On peut en effet étudier et reconnaître certains petits cristaux en les observant au microscope.

Dans le jus des cuves qui ne fonctionnaient plus, Pasteur ne vit pas de levures. Cela confirmait le rôle des levures, mais n'expliquait pas pourquoi elles avaient disparu.
Dans le jus inactif, Pasteur trouva de petites taches grises qui flottaient, absente du jus normal. Les regardant sous le microscope, il y découvrit de gros paquets de petits bâtonnets et des fils allongés, bien plus petits que les levures, qui s'agitaient dans tous les sens... Dans le jus où vivaient ces bâtonnets, le pH était plus faible que dans le jus normal.

41 (2 pts) D'après les observations de Pasteur, quel est le rôle des levures ?

42 (4 pts). Que sont donc les bâtonnets observés par Pasteur ? Quelle hypothèse pouvez-vous faire sur leur responsabilité dans l'arrêt de la production d'alcool ?

43 (4 pts). Quelles expériences pourriez-vous imaginer pour confirmer votre hypothèse précédente ?

<u>5 Louis Pasteur II: le retour de la vengeance de Spallanzani (8 pts)</u>

Malgré les expériences de Spallanzani, de nombreux scientifiques, dans les années 1860, refusaient de croire que les micro-organismes se reproduisaient. Ils voulaient absolument qu'ils puissent naître de la matière non vivante. *

Pasteur avait refait les expériences de Spallanzani en remplaçant le jus de mouton par un bouillon de levures, mais ses opposants (la bataille était violente, on se critiquait beaucoup, et lors des réunions, on en venait presque à se taper dessus après s'être copieusement insulté - la science ressemble beaucoup, parfois, à une salle de classe.!) critiquaient le chauffage des bouteilles scellées emplies de bouillon: ils disaient que pour surgir du néant les microbes avaient besoin d'air "naturel", "non chauffé" car le feu devait détruire sa capacité à "fabriquer" des microbes.

Pasteur, avec sa modestie habituelle **, essaya en vain de trouver une expérience ou de l'air non chauffé arriverait au bouillon. Il fallait débarrasser l'air de ses microbes. C'est un pharmacien, Balard, qui lui donna la solution: au lieu de sceller ses flacons puis de les chauffer, il était possible de les chauffer et d'étirer le goulot des flacons en un long tube que l'on recourbait en forme de U. On pouvait laisser le flacon ouvert, l'air y pénétrai mais devait passer par le "U". Pasteur réalisa l'expérience:

- Dans les flacons à col en U, aucun micro-organisme ne se développa (certains flacons furent conservés plus d'un an sans développement de micro-organisme. La légende dit que certains de ces flacons sont encore conservés aujourd'hui sans que le bouillon de levure n'ait été envahi de microbe...)
- Dans les flacons identiques, mais dont le col n'avait pas été recourbé, les micro-organismes se développèrent.

51 (2 pts) - Comment expliquer que les micro-organismes ne puissent pas entrer dans le flacon à col en forme de U ?

52 - (3 pts) Vu les idées de l'époque, que démontre cette série d'expériences de Pasteur ?

53 - (3 pts) Quelles autres expériences pourriez-vous réaliser aujourd'hui en classe pour confirmer les conclusions de Louis Pasteur ?

<u>6 Robert Koch au charbon (7 pts)</u>

Le charbon est une maladie qui tue de nombreux animaux, dont les moutons, et qui peut parfois se transmettre aux humains. En 1870, le médecin de campagne R. Koch observe au microscope le sang noir d'un de ces animaux morts. Il y découvre (sans savoir que d'autres font la même observation à l'époque) des filaments microscopiques, certains reliés entre eux comme de longues chaînes, bien plus petits que les globules rouges. Il réalise alors les expériences et observations suivantes:

a - un éclat de bois trempé dans le sang d'un mouton mort du charbon et introduit sous la peau d'une souris provoque la mort de l'animal en quelques heures. Le sang de la souris est noir et contient les mêmes filaments que ceux observés chez le mouton.

b - introduits dans l'eau, les filaments n'ont aucune réaction. Par contre, si on les introduit dans un liquide tiré de l'oeil d'un boeuf (ce liquide devant être transparent pour permettre l'observation au microscope) à température voisine de 37°C, on peut voir ces filaments s'allonger et, lentement, se dédoubler et finir par envahir le milieu.

c- les filaments, cultivés seuls dans le liquide de l'oeil de boeuf, déclenchent la maladie si on les injecte de nouveau dans le sang d'une souris.

d- les filaments observés meurent très rapidement s'ils ne sont pas dans le sang ou dans le fluide venant de l'oeil de boeuf servant à les cultiver

61 (5 pts) Quelles conclusions peut-on tirer de chacune de ces observations ou expériences ? Après les avoir présentés, résumez-les en une seule phrase.

Koch se demanda ensuite comment des micro-organismes si fragiles faisaient pour, dans la nature, se transmettre d'un animal malade à un animal sain. Il conserva quelque temps une préparation de bactéries du charbon et eut une surprise: à la place des filaments, il y avait en plus des sphères. Il crut que d'autres microbes s'étaient infiltrés dans sa préparation, mais il se rendit compte que les sphères se formaient à l'intérieur des bactéries.

Il conserva sa préparation un mois, puis lorsqu'il remit ces sphères en contact avec un milieu nutritif frais, il observa que les sphères se transformaient de nouveau en fines bactéries.

62 (2 pts) quelles hypothèses pouvez-vous faire sur cette étonnante transformation ?

<u>7 Loeffler et les armes secrètes des bactéries (4 pts)</u>

En 1884, Fréderick Loeffler cherchait à identifier le responsable d'une redoutable maladie infantile, souvent mortelle, la diphtérie. Il identifia une bactérie en forme de massue dans la gorge des enfants malades (ou morts...).
Pensant que, comme pour le charbon, il retrouverai cette bactérie partout, il examina tous les organes des enfants morts, mais ne trouva pas de trace des bactéries en dehors de la gorge.

Il injecta la bactérie à des lapins et des cobayes, les animaux moururent en quelques jours, mais les bactéries restaient simplement, en très faible quantité, à l'endroit où elles avaient été injectées.

71 - quelle hypothèse pouvez-vous faire expliquant l'effet dévastateur d'un si faible nombre de bactéries ?

72 - Quelle expérience pourrait-on réaliser pour vérifier votre hypothèse ?

<u>8 Une chance au grattage (2 pts)</u>

Le trypanosoma cruzii est un parasite des humains transporté dans l'intestin des moustiques. En piquant un humain infecté, l'insecte reçoit le parasite. Lorsqu'il pique un autre humain, le moustique répand ses déchets digestifs, qui contiennent une des formes du parasite, sur la peau. Les déchets du moustique sont irritants, ce qui pousse l'humain à se gratter. Pourquoi ce grattage va t'il être utile au parasite ?

 * Contrairement à la légende, les scientifiques n'acceptent pas tous dans la joie les idées nouvelles, même, et surtout, si elles sont soutenues par des résultats expérimentaux solides! Les idées, les croyances; la philosophie des scientifiques entre en jeu lorsqu'ils examinent les nouvelles découvertes, ce qui explique qu'il leur faut du temps pour s'imposer...
** Tous les scientifiques ne sont pas modestes (on peut même se dire que s'ils sont trop modestes, ils ne feront jamais connaître leurs découvertes...). Pasteur était un génie scientifique, il avait une très haute idée de lui même (c'était le genre à penser "je suis un génie, vous êtes tous des larves et je vais vous le prouver en démolissant vos théories ineptes!").

9 Rions un peu avec les virus (4 pts)
André Lwoff - Prix Nobel en 1970, à qui on demandait si les virus étaient vivants, répondit "les virus sont… les virus."
Une autre biologiste définit ainsi les virus: "un virus est un paquet de mauvaises nouvelles emballé dans des protéines."
Vous savez également qu'en informatique, les petits programmes qui s'invitent dans votre ordinateur sans votre accord (si vous avez la malchance d'utiliser Windows) et se recopient avant de tenter d'envahir d'autres ordinateurs sont aussi appelés des virus.

91 (2 pts) Pourquoi peut-on dire qu'un virus est, pour une cellule "un paquet de mauvaises nouvelles" ?

92 (2 pts) quelles sont les analogies (c'est à dire les points communs, ignare!) entre les "vrais " virus et les virus informatiques ?

93 (2 pts) pourquoi est-il si difficile de dire si les virus sont vivants ou non ? (essayez de répondre en disant pourquoi ils sont vivants, puis pourquoi ils ne le sont pas, et essayez de conclure…)

10 Joseph Lister et la chasse aux microbes. (4 pts)
En 1865, le chirurgien Lister a connaissance des idées de Pasteur sur la responsabilité des bactéries dans les maladies. Alors que l'on croyait que le pus participait à la cicatrisation, Lister, confirmant les idées de Pasteur, montre qu'il est empli de bactéries que l'on peut tuer avec un produit chimique, le phénol. Il vaporise alors du phénol sur ses instruments, ses blouses et les blessures de ses malades. Alors qu'un malade opéré sur deux mourrait d'infection avant ces pratiques, Lister ramène en 1869 la mortalité à 15%.

10.1 - (1 pts) Quelle méthode de lutte contre les micro-organismes Lister à t'il inventé ?

10.2 - (1 pts) Quel est l'effet du phénol sur les bactéries ?

10.3 - (2 pts) Pourquoi pouvait-on croire que le pus participait à la cicatrisation ?

11 Made in Taiwan (6 pts)
Il y a quelques années, le gouvernement de Taiwan à décidé de mettre en pratique un certain nombre de précautions afin d'éviter le déclenchement d'une épidémie d'une nouvelle maladie, la grippe aviaire transmissible à l'homme, causée par un virus H5N1. Pour cela, l'aéroport international a reçu les équipements suivants:
- un tapis désinfectant, collant, sur lequel tous les visiteurs doivent marcher
- un détecteur de température repère tous les visiteurs ayant la fièvre. Ils sont alors obligatoirement examinés et suivis lors de leur
- séjour.
- une désinfection, 4 à 5 fois par jour, de toutes les surfaces en contact avec les mains des voyageurs

11.1 (3 pts) De quelle façon les mesures prises peuvent-elles protéger l'ile de Taiwan d'une épidémie de grippe aviaire ?

11.2 (3 pts) quelles critiques pouvez-vous faire sur l'efficacité de ces mesures de protection ? Quel nom donne t'on à ce type de mesures ?

12 Pasteur III: du vin, du lait et de la bière (4 pts)

Vers 1850, la production (et la consommation!) de vin augmentent en France, mais les viticulteurs ont un problème: leur vin ne se conserve pas et devient rapidement du vinaigre, imbuvable. Pour résoudre leur problème, ils font appel au super héros français de l'époque: Pasteur. Ce dernier va découvrir que la transformation du vin en vinaigre est réalisée par une bactérie (mycoderma aceti, si vous voulez connaître son nom). Il met au point une technique permettant de conserver le vin sans en changer le goût: le vin est chauffé quelques minutes à 80°C, puis rapidement refroidi et mis en bouteilles. Cette technique, que Pasteur va breveter et que les viticulteurs vont appeler, en son honneur, la pasteurisation, sera ensuite utilisée pour conserver de nombreux aliments comme le lait, les fromages, les jus de fruits et même la bière.

En utilisant vos connaissances, expliquer comment la pasteurisation permet de conserver ces aliments.

Apprenez à bien rédiger

Corriger la phrase suivante, trouvée dans la copie de M. Rocard (élève qui s'exprime difficilement en compliquant les choses):

" Les virus, y rentrent dans l'intérieur du dedans de la cellule, mais dedans, et une fois qu'ils sont entrés dedans l'intérieur de l'intimité de la profondeur de la cellule, y se multiplient tout en se recopiant, mais sans se diviser parce qu'y se multiplient en nombre grand ,très important, et y sont très nombreux dans la cellule à l'intérieur, puis après, ensuite, plus tard, y sortent de la cellule dans laquelle y été entrés pour se reproduire avant d'aller envahir d'autres cellules, enfin pas la même que celle du départ, mais d'autres, différentes, ou ils vont refaire pareil, le même chose, mais en plus nombreux car ils sont en grand nombre."

La petite histoire

Vous avez dans les exercices et le cours de nombreuses dates et découvertes. Ordonnez-les sur une frise sur laquelle vous rajouterez deux ou trois événements que vous avez étudiés en histoire, cette année ou l'an dernier (non, on n'est pas censé tout oublier d'une année sur l'autre!) qui se sont produits dans cette même période de temps.

Corrections

Questions

1/ Une bactérie est un micro-organisme capable de se reproduire en se divisant, dont la taille est intermédiaire entre celle des virus et des Champignons microscopiques.

2/L'ordre de grandeur d'un virus (sa taille) est la centaine de nm.

3/Un antiseptique est une molécule utilisée comme désinfectant, elle tue les micro-organismes au niveau d'une plaie sans abîmer les cellules humaines.

4/On trouve des bactéries quasiment partout sur Terre… sauf à l'intérieur de l'organisme des autres êtres vivants!

5/Pour ne pas transmettre de micro-organismes à leurs patients, les chirurgiens prennent les précautions suivantes:
- port de masques, gants, bonnets, blouses stériles (sans micro-organismes) et à usage unique.
- Utilisation d'instruments exempts de micro-organismes (et, de plus en plus, à usage unique).
- Stérilisation de l'air de la salle d'opération, désinfection des zones à ouvrir
- développement de techniques permettant d'agir en ouvrant le moins possible le corps du malade.

6/La prophylaxie d'une maladie est l'ensemble des mesures permettant d'éviter que cette maladie se transmette dans une population

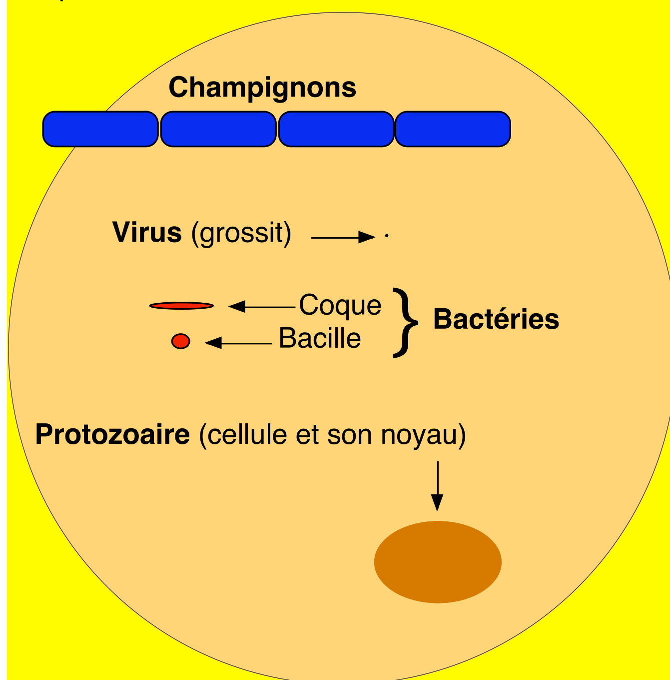
7/Il faut laver une plaie pour éliminer tous les corps étrangers (graviers, échardes…) couverts de microbes qui pourraient y rester. Cela permet aussi d'entraîner à l'extérieur de nombreux micro-organisme (autant qui ne seront pas à combattre). La plaie, propre, sera plus facilement inspectée pour voir si elle est importante ou juste superficielle.

8/Les spores de champignons se trouvent partout dans l'air, mais pour qu'un champignon se développe, il lui faut des conditions analogues à celles des champignons du sous-bois: de l'humidité, de l'obscurité, de la chaleur et de la nourriture. Les champignons pathogènes se nourrissent de nos propres cellules et s'installent dans les recoins humides et chauds du corps humain: bouche, espaces entre les doigts de pied, vagin...

9/Les gants de toilette permettent, avec l'eau savonneuse, de détacher les micro-organismes de la peau. Bactéries et surtout champignons se retrouvent donc en partie sur le gant, et disposent de toute la journée pour s'y développer en profitant de l'humidité du gant, de la chaleur de la salle de bain et des débris de peau leur offrant une succulente nourriture gratuite... Changer souvent ces gants permet d'éviter de se laver avec un véritable zoo à microbes...

Colles

1/Schéma comparant les tailles des différentes "familles" de micro-organismes. Il y a plusieurs façons de réaliser ce schéma, en voici un exemple:



2/Le mode de reproduction des virus et ses avantages.
Les virus se reproduisent en entrant à l'intérieur d'une cellule, puis en se faisant recopier en plusieurs centaines ou milliers d'exemplaires par la cellule. Ensuite, les copies sortent de la cellule, qui meurt le plus souvent. Cette façon de se reproduire présente deux avantages: elle est très rapide (le nombre de virus est multiplié par plus de 1000 à chaque "génération") et les virus sont, à l'intérieur de la cellule, à l'abri de certaines défenses de l'organisme.

3/La peau protège l'organisme des envahisseurs microbiens de plusieurs façons:
- ses nombreuses couches de cellules mortes créent une barrière physique contre les microbes qui ne peuvent pas percer cette défense.
- la peau fabrique le sébum et la sueur qui sont toxiques pour de nombreux micro-organismes.
- la perte régulière de cellules mortes (qui porte le nom barbare de desquamation, tiens, vous aurez appris un mot nouveau pour faire le beau pendant le dîner de ce soir) gène les micro-organismes qui risquent de se faire éjecter en même temps que la peau "morte"...

Exercices

1 - Un café chez Leeuwenhoeck (4 pts)

11- Les "animalcules" de Leeuwenhoeck sont des micro-organismes. Lesquels? Comme ils viennent de sa bouche, on peut éliminer les protozoaires (qui vivent dans l'eau). Son microscope ne permettait pas de voir les virus (trop petits), donc Leeuwenhoeck a dû observer des bactéries ou des champignons microscopiques. Comme notre Hollandais parle de "bâtonnets" qui s'"agitent", il est probable qu'il s'agit de bactéries (les champignons n'étant pas mobiles).

12- Observations réalisées: après avoir bu du café presque bouillant, les bactéries des incisives sont mortes alors qu'elles restent vivantes au fond de la bouche. Pour expliquer cette observation, on peut supposer que les bactéries sont détruites par une température trop élevée (on pourrait aussi supposer que le café est toxique pour les bactéries).
On peut en conclure que les bactéries sont sensibles à la température de leur milieu et peuvent être éliminées par la chaleur.

Une expérience simple serait de déposer deux morceaux de substances blanches venant des dents dans deux gouttes d'eau: une froide, l'autre presque bouillante, et de regarder au microscope quel est l'état des bactéries (si l'on pense que c'est le café qui est toxique, on peut aussi déposer les bactéries dans une goutte de café à température ambiante pour observer leur réaction).

2 - Spallanzani contre Needham (6 pts)
Alors, on triche ? On vient voir les réponses avant de faire l'exo ? Essayez, c'est pour votre bien...

21 - Défauts possibles de l'expérience de Needham.
Il faut trouver une origine possible pour les micro-organismes que Needham à observé et qui selon lui ne peuvent que s'être formés tout seuls dans le jus de mouton. On peut supposer que:
- des bactéries présentes dans l'air sont passées à travers le bouchon de Needham (en effet, il dit que le bouchon pouvait arrêter "les plus petits insectes" mais les bactéries sont bien plus petites que les insectes les plus petits)
- des micro-organismes étaient restés vivants dans les jus de mouton, même chaud.
- des micro-organismes étaient présents dans la bouteille, même lavée, avant d'y verser le jus de mouton.
- quelle que soit l'origine des microbes présents, le réchauffage sur les cendres a été insuffisant pour tuer ceux présents dans le jus.

22 (2 pts) Spallanzani cherche à tester l'hypothèse "les bouchons ne sont pas hermétiques". Il a donc besoin d'un ensemble de données permettant de comparer la fiabilité des bouchons de Needham à d'autres qui sont réellement, sans discussion, hermétiques. Les flacons au col soudés de Spallanzani sont en fait le "témoin" des expériences que Needham a oublié de faire (de plus, Spallanzani teste aussi une autre hypothèse, celle du chauffage insuffisant, mais qui n'entre pas dans le cadre de cette question).

23 (6 pts) - Résultats des expériences de Spallanzani

"les flacons à bouchons étaient envahis de microbes, tout comme les flacons soudés qui avaient été plongés dans l'eau bouillante quelques minutes." Donc, les micro-organismes se développent, que le bouchon soit hermétique(soudure) ou celui utilisé par Needham. Le bouchon à lui seul n'est pas pas responsable.

"Les flacons soudés qui avait été portés à 100 °C pendant une heure ne contenaient aucun microbe." , ce qui montre que si l'augmentation de la température est suffisante, il n'y a pas de développement de micro-organismes: des microbes se retrouvent donc inévitablement enfermés dans la bouteille et doivent être détruits par la chaleur pour ne pas s'y reproduire. Spallanzani a montré que les micro-organismes ne peuvent pas se former s'il n'existe pas déjà des microbes dans le milieu pour leur donner naissance.

Les erreurs de Needham ont été :
- de ne pas faire de témoin pour contrôler l'efficacité de ses bouchons.
- de ne pas vérifier si le chauffage du jus de mouton avait été suffisant pour y détruire toutes les bactéries présentes, alors que l'effet stérilisateur de la chaleur était connu depuis Leeuvenhoeck (exercice précédent)...

24 (2 pts) Needham était un scientifique puisqu'il essayait de répondre à une question en réalisant des expériences. Le fait que ses expériences ait été mal réalisées n'est pas le plus important: toute expérience peut être, et doit être, critiquée en science.
Spallanzani, lui aussi, était un scientifique puisqu'il vérifiait ses idées à l'aide d'expériences bien conduites.

3 Les quatre phrases du Dr Schwann

31 - (4 pts) L'expérience décrite par Schwann montre que de la viande ne pourrit pas si elle est bouillie, déposée dans une bouteille propre et mise au contact d'un air qui a été porté à haute température. Par contre, le contact de l'air aboutit à l'altération de la viande qui grouille alors de microbes. Cela montre que les micro-organismes sont présents dans l'air et qu'ils sont responsables de la décomposition de la viande. Cela confirme également les conclusions de Spallanzani: les micro-organismes ne naissent pas à partir des matériaux non vivants, ils ne se développent qu'en se reproduisant, ce qui implique qu'il doivent être présents au départ dans le milieu si on veut les y retrouver, plus nombreux, ensuite...

32 - (4 pts) Points communs et les différences avec les expériences de Spallanzani.

Expérience de	Spallanzani	Schwann
Points communs	recherche sur l'origine des micro-organismes. Utilisation de la chaleur pour stériliser l'air ou le milieu	
Différences	Utilise du jus de mouton Air chauffé à 100°C	Air porté à beaucoup plus de 100 °C

Pourquoi un siècle après Spallanzani, l'origine des micro-organismes semble encore si mystérieuse ?

C'est là un problème très intéressant qui montre que l'activité scientifique ne fonctionne pas de façon automatique: même si la solution d'un problème est trouvée par un chercheur, il faut que les autres autour de lui soient prêts à l'accepter. Il ne suffit pas, en science, d'avoir raison: il faut avoir raison au bon moment, sinon personne ne vous écoute. A l'époque de Schwann, les scientifiques avaient oublié Spallanzani et ses résultats, et même la découverte de Schwann resta dans l'oubli.

Il vous faut bien comprendre (c'est peut être la notion la plus importante de ce manuel, même si elle n'est pas au programme, comme d'habitude) que les scientifiques ne sont pas des demi-dieux qui veulent résoudre tous les problèmes: ils se comportent souvent exactement comme vous, lorsque vous avez un difficile exercice de math à rendre: ils "oublient" le problème, attendent de voir si d'autres ne l'ont pas résolu, au moins un peu, et espèrent ne pas avoir à le rencontrer ("chaque science possède une espèce de grenier dans lequel sont presque automatiquement poussées toutes les choses qui ne peuvent pas être utilisées sur le moment" disait le psychologue W. Khöler au début du 20e siècle). Il fallu donc attendre encore quelques années avant que le problème de l'origine des microbes ne resurgisse avec force.

4 - Louis Pasteur les a vu 81 (7 pts)

41 (2 pts) Dans les cuves qui contiennent des levures vivantes (elles sont vivantes puisqu'on les voit "germer" pour se reproduire), le sucre est transformé en alcool. Sans levures, cette transformation ne se produit pas. On en déduit que ce sont les levures qui transforment le sucre en alcool. CQFD*

42 (4 pts). Les bâtonnets observés par Pasteur ressemblent beaucoup à des bactéries ou des champignons (ils sont trop gros pour être des virus et trop petites pour être des protozoaires, comme les levures). En fait, ce sont des bactéries.

La présence des bactéries semble être liée à la mort des levures. Cela pourrait aussi être une coïncidence. En plus, le pH du milieu est diminué (donc plus acide, vous êtes doué en physique, non? **).

On peut proposer plusieurs hypothèses sur la responsabilité de ces bactéries dans l'arrêt de la production d'alcool:
- a- les bactéries tuent les levures, ce qui met un terme à la production d'alcool.
- b - pour une raison inconnue, le pH diminue, et cette acidité tue les levures et permet aux bactéries, innocentes, de se développer
- c - Les bactéries sont responsables de la baisse du pH, et c'est 'acidité du milieu qui tue les levures.
- d - les bactéries attaquent les levures, qui se défendent en acidifiant leur milieu, ce qui finit par les tuer (pas de chance....)

Bref, vous pouvez imaginer beaucoup d'hypothèses (c'est une des activités principales des scientifiques). Aucune hypothèse n'est "fausse" ou "pas la bonne". Il suffit qu'elles soient plausibles (possibles logiquement) et surtout vérifiables par une ou plusieurs expériences.

43 (4 pts). Voyons quelles expériences permettent de tester notre première hypothèse (les bactéries tuent les levures).
On prélève un échantillon de "jus" où de l'alcool est produit. On ajoute quelques bactéries et on observe l'évolution des levures.
Comme témoin, on garde une partie de notre jus dans lequel on n'ajoute pas de bactéries.
(Si vous voulez le résultat, que vous ne pouvez pas deviner, sachez que vous observerez que les bactéries ne tuent pas les levures immédiatement. Par contre, dans le milieu où l'on a mis les bactéries le pH va commencer à diminuer - il fallait penser à le mesurer - puis les levures vont commencer à mourir... ce qui confirme en fait l'hypothèse c)

5 Louis Pasteur II: le retour de la vengeance de Spallanzani (8 pts)

51 (2 pts) - Les micro-organismes ne peuvent pas entrer dans le flacon à col en forme d'U car ils sont fixés sur des poussières et des particules qui tombent dans le fond du U et ne peuvent pas remonter seuls du côté du flacon. En effet, il n'y a pas de courants d'air à l'intérieur du tube en U qui leur permettrai d'atteindre l'intérieur du flacon (bien entendu, il ne faut pas trop agiter les tubes, sinon une contamination est possible).

---

* Ce Qu'il Fallait Démontrer (on concluait, il y a longtemps, les démonstrations de math par ces 4 lettres).

** Si le mot "pH" ne vous dit rien, une révision s'impose, ainsi qu'une petite discussion avec votre prof de physique...

52 - (3 pts) La série d'expériences de Pasteur montre que ce n'est pas le chauffage de l'air qui modifie une mystérieuse propriété lui permettant de créer des microbes à partir des éléments non vivants du bouillon. Cette série d'expériences démontre qu'il n'y a pas de génération spontanée (retenez bien ce terme) de micro-organismes, mais qu'un microbe provient toujours d'un autre microbe * .

À propos de ces expériences, Pasteur, toujours modeste, déclara: " *j'ai éloigné d'elle* (la bouteille et le milieu qu'elle contient) *les germes qui flottent dans l'air, j'ai éloigné d'elle la vie, car la vie c'est le germe et le germe c'est la vie. Jamais la doctrine de la génération spontanée ne se relèvera du coup mortel que cette simple expérience lui porte."*

53 - (3 pts) Les expériences sont, de nos jours, plus faciles à réaliser que du temps de Pasteur:On peut commander des flacons de plastique stériles (ne contenant aucun microbe), et il existe des filtres en papier si fin que les bactéries ne peuvent pas traverser (les virus, ce n'est pas grave... pourquoi ? Réfléchissez une minute (ou deux).
Vous avez trouvé ? **

Prenez deux flacons stériles et versez-y, près d'une flamme (pour tuer les micro-organismes présents dans l'air) du bouillon de viande porté 15 min à ébullition (obtenu avec un cube, tiens, c'est facile et rapide). Un flacon sera fermé avec un filtre à pores extra fins, l'autre n'est pas bouché et reste au contact de l'air. Vous ne tarderez pas à voir (et sentir!) la différence entre les deux flacons, qu'une observation au microscope confirmera...
Le plus intéressant est que si l'expérience ne "marche" pas, c'est que les bactéries ont trouvé une porte d'entrée. A vous de trouver le défaut, de recommencer, de modifier l'expérience... Que d'activités à discuter et réaliser avec votre professeur !

* Ce qui pose le problème, comme nous le verrons dans la partie "évolution" de ce manuel, de l'origine du premier microbe, car on peut se satisfaire d'une version microbienne du jeu de la poule et de l'oeuf...

** Les virus éventuellement présents dans la solution ne pourront de toute façon pas s'y reproduire puisqu'ils ne peuvent pas se multiplier sans les cellules qui, elles, ne passent pas à travers le filtre...

6 Robert Koch au charbon (7 pts)

61 (5 pts) Conclusions tirées des expériences et observations.
a - Les filaments présents dans le sang des animaux morts provoquent la maladie. Ils se reproduisent dans le sang de la souris, ce sont dans des êtres vivants, des bactéries.
b - Les bactéries responsables du charbon meurent dans l'eau? Elles ont besoin pour se reproduire de la température d'un corps de mammifère et d'éléments nutritifs présents dans le liquide tiré de l'oeil de boeuf.
c- Les bactéries qui sont nées dans le liquide nutritif n'ont jamais été en contact avec l'animal mort où l'on a prélevé leurs ancêtres. Ce sont donc bien ces bactéries qui déclenchent la maladie
d- Les bactéries ne se reproduisent que dans un milieu, le sang, qui leur apporte nutrition et chaleur.
En une seule phrase: Le charbon est causé par des bactéries qui se multiplient dans le sang des animaux malades et qui ne semblent pas pouvoir survivre en dehors du sang (ou d'un milieu analogue).

62 (2 pts) On peut imaginer différentes hypothèses:
- les bactéries du charbon se reproduisent et forment des "oeufs" lorsque leur milieu ne peut plus les nourrir. Elles se comporteraient alors comme les plantes annuelles que vous avez étudiées en 6éme (oui, je sais, c'est très loin , la sixième....).
- les bactéries du charbon sont capables de charger de forme (ce sont des transformers!) pour résister à de mauvaises conditions provenant de leur milieu. (c'est effectivement le cas, les sphères sont des formes très résistantes qui attendent, des années, voire des dizaines d'années, d'êtres avalées par un innocent mouton...)

7 Loeffler et les armes secrètes des bactéries (4 pts)

71 - Visiblement, un très faible nombre de bactéries suffit à tuer les malades. Ces bactéries ne semblent pas se reproduire (ou très peu). Elles n'envahissent pas le corps, ne vont pas dans le sang...
Une explication possible est que ces bactéries sont extrêmement toxiques. Comme elles ne se reproduisent pas, il est possible qu'elles fabriquent un produit très toxique (un poison) qui va, lui, voyager dans le sang et provoquer la mort.

72 - Si le poison est fabriqué par les bactéries, il suffit d'en prélever, de les mettre dans un milieu où elles survivent et d'injecter à un animal non pas les bactéries, mais quelques ml du milieu de culture (si le poison y est fabriqué, l'animal devrait mourir).

On peut aussi imaginer de passer les bactéries "au mixer" et de les injecter une fois mortes pour voir si le mélange bactéries mortes + milieu est également toxique...

8 Une chance au grattage (2 pts)
Lorsque l'on se gratte, on abîme la peau (qui d'ailleurs, devient rouge et gonfle, nous verrons bientôt pourquoi). Le grattage provoque donc des petites lésions (ouvertures) de la peau, a travers lesquelles le parasite va pouvoir traverser la peau et arriver dans le sang, où il pourra se reproduire. Se gratter lui ouvre donc la porte de l'organisme...

9 Rions un peu avec les virus (4 pts)
91 (2 pts) Pour une cellule, un virus représente un parasite qui va profiter d'elle pour se multiplier avant de la tuer (ou de la faire tuer, comme nous le verrons plus tard). Bref, l'arrivée d'un virus n'annonce pas un avenir serein, loin de là! Il s'agit donc bien d'un "paquet de mauvaises nouvelles".

92 (2 pts) Les virus sont de petits micro-organisme qui utilisent les cellules pour se reproduire, avant d'essayer de contaminer d'autres cellules.
Les virus informatiques sont de petits programmes qui utilisent la mémoire d'un ordinateur (et son disque) pour se reproduire. Les copies gênent le fonctionnement de la machine et essayent de contaminer d'autres ordinateurs pour s'y reproduire aussi.
Le comportement de ces deux types de virus est donc très semblable, seul leur milieu diffère (la cellule pour les uns, les mémoires d'ordinateur pour les autres...)

93 (2 pts) Il est difficile de dire si les virus sont vivants ou non, car définir ce qu'est un être vivant est difficile. En utilisant vos connaissances, vous pouvez dire:
Les virus sont vivants, car ils se reproduisent en se comportant comme des parasites.
Les virus ne sont pas vivants, car ils n'ont aucune activité en dehors de la cellule, ils restent passifs.

 En fait, les limites entre ce qui est vivant et ce qui ne l'est pas ne sont pas vraiment nettes, et les virus sont très près de cette frontière floue...

10 Joseph Lister et la chasse aux microbes. (4 pts)
10.1 - (1 pts) Lister a inventé l'antisepsie
10.2 - (1 pts) Visiblement, le phénol tue les bactéries: c'est un produit bactéricide. C'est aussi un antiseptique (un désinfectant)
10.3 - (2 pts) On pouvait croire, à l'époque de Lister, que le pus participait à la cicatrisation parce qu' avant qu'une blessure ne cicatrise (si elle cicatrisait....) il y a avait toujours, à cette époque sans désinfectants, présence de pus qui s'écoulait de la plaie. Comme le pus était présent pendant la cicatrisation de la plaie, on pensait qu'il y jouait un rôle.

 L'erreur commise en associant pus et guérison est fréquente en science: ce n'est pas parce que deux événements (ici la présence de pus et la cicatrisation) sont présents en même temps qu'il existe un rapport de cause à effet entre les deux! (ce n'est pas parce que vous n'avez pas révisé votre SVT que votre prof a décidé de vous interroger justement ce jour-là, il n'en savait rien... en tirer un rapport de cause à effet reviendrait à dire que vous avais été interrogé parce que vous aviez mis des chaussettes roses, par exemple, ce jour-là).

11 Made in Taiwan (6 pts)

11.1 (3 pts) De quelle façon les mesures prises peuvent-elles protéger l'ile de Taiwan d'une épidémie de grippe aviaire ?

Le tapis collant et désinfectant retient et neutralise les particules de poussière et de terre contenant éventuellement des virus et transporté sous les semelles des voyageurs.
Le détecteur de température permet de détecter les visiteurs ayant la fièvre, qui peuvent donc déjà être malade. En les surveillant, on peut vérifier qu'ils ne sont pas dangereux ou contagieux.
La désinfection fréquente de toutes les surfaces en contact avec les mains des voyageurs permet de détruire les éventuels virus déposés par les mains et limite donc la transmission des virus d'une personne à une autre.

11.2 (3 pts) Les mesures de protection de l'aéroport sont utiles, mais pas obligatoirement efficaces: les virus peuvent être transportés sur les vêtements des voyageurs plutôt que sur leurs chaussures, un voyageur contaminé peut ne pas avoir encore la fièvre au moment où il arrive à l'aéroport. Le nettoyage et la désinfection des surfaces touchées par les mains est sans doute la mesure la plus efficace.
Ces mesures de protection sont des mesures prophylactiques.

12 Pasteur III: du vin, du lait et de la bière (4 pts)

Le vin est transformé en vinaigre par des bactéries. Pour éviter cette transformation, il est donc nécessaire de se débarrasser des bactéries. On ne peut utiliser un produit toxique, car il changerait le goût du vin et pourrait être toxique pour les humains.
La chaleur détruit les bactéries, mais du vin bouilli n'est plus buvable. La température de 80°C doit donc correspondre à la température minimale qui détruit les bactéries sans altérer le vin. Une fois les bactéries détruites par la chaleur, il faut refroidir rapidement le vin pour éviter que, restant longtemps chaud, il ne perde son goût. En le mettant immédiatement en bouteilles (fermées, évidemment...) on empêche aussi que le vin ne soit de nouveau contaminé par de nouvelles bactéries capables de transformer l'alcool en acide, et le vin en vinaigre...

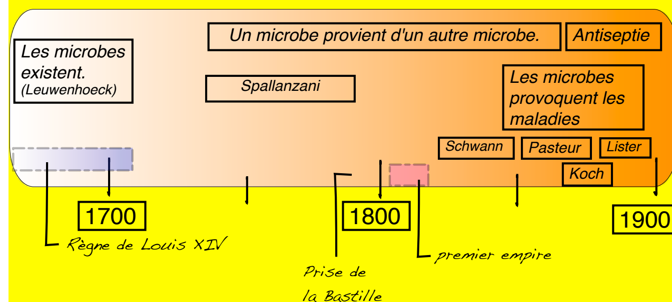
La pasteurisation est une méthode de conservation des aliments, mais également une méthode de protection contre les maladies transmises par les aliments (en particulier, à l'époque de Pasteur, par le lait). La généralisation de cette méthode à permis de sauver de très nombreuses vies en évitant les maladies: la pasteurisation est également une méthode prophylactique...

Apprenez à bien rédiger

"Les virus entrent dans l'intérieur de la cellule et ils s'y multiplient en de nombreux exemplaires puis sortent de la cellule d'aller envahir de nombreuses autres cellules qui, à leur tour, deviendront des fabriques de virus."

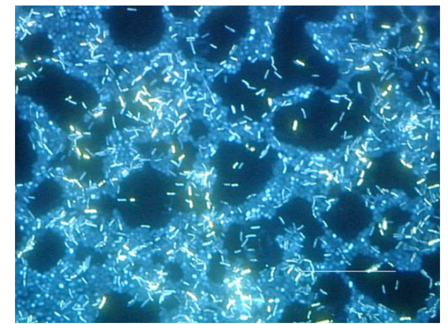
La petite histoire

La frise que vous avez réalisée (n'est)ce pas, vous ne venez pas pour tricher, non ?) devrait ressembler un peu à celle-ci :



Notre organisme détecte et essaye de détruire les micro-organismes qui tentent de l'envahir

Si vous avez étudié le chapitre précédent, vous connaissez l'incroyable vérité: nous respirons des microbes, nous mangeons des microbes, et à la moindre égratignure ces envahisseurs indésirables se font une joie de tenter de se reproduire dans notre organisme. Pourtant, nous sommes rarement malades, et même nos ancêtres, dans des conditions bien plus difficiles, ont pu survivre. Notre organisme dispose donc de mécanismes de défense visant à détruire les indésirables. Nous allons voir comment il s'y prend pour régler leur compte aux microbes.



De nombreuses bactéries se développent en 2 semaines, même sur une surface en acier d'apparence propres. Photo CDC.

Les organes et les cellules du système immunitaire surveillent en permanence l'intégrité de l'organisme

1 - l'inflammation, une réaction rapide locale caractérisée par une rougeur et un œdème

Malgré votre grande sagesse et votre prudence légendaire, il vous est déjà arrivé de vous faire piquer par un moustique ou une puce, de vous faire une bosse, de vous égratigner en tombant de vélo, de scooter ou en ski (rayer la mention inutile); de vous brûler légèrement en cuisine, voire même de prendre une gifle ou un coup (que vous n'aviez certes pas mérité, c'est indiscutable). Dans tous ces cas, vous auriez pu remarquer que votre organisme réagit de la même façon à l'endroit de l'agression:

1 ça fait mal

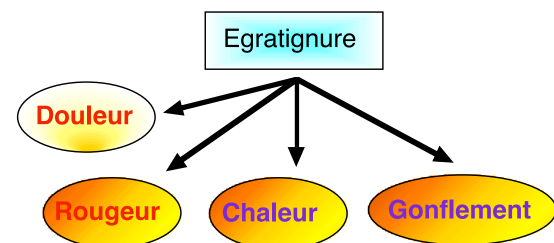
2 l'endroit agressé gonfle, devient plus rouge (et gratte) et chauffe (ce qui se ressent particulièrement après une baffe, certes immméritée)

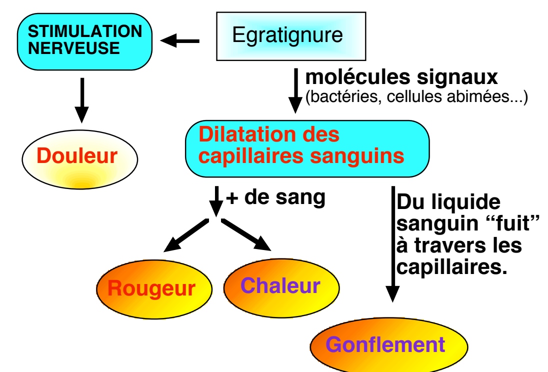
Cette réaction et appelée réaction inflammatoire (1). Par quoi est-elle provoquée ? Il suffit (comme souvent en sciences) de poser les bonnes questions: qu'est-ce qui est rouge et chaud, que l'on peut voir en transparence à travers la peau.... Bingo! Votre sang! Les différents composants de la réaction inflammatoire s'expliquent aisément:

- l'excitation des récepteurs sensoriels (nerveux) de la peau crée très rapidement une sensation douloureuse (2). Plus tard, ces récepteurs, comprimés lors du gonflement des tissus, créeront une sensation de démangeaison.

- l'émission de signaux chimiques par vos cellules abîmées ou par les micro-organismes qui pénètrent par une blessure va provoquer une dilatation locale des capillaires sanguins, provoquant une rougeur et une impression de chaleur à cause de la plus grande quantité de sang qui arrive à cet endroit. Une fois le capillaire dilaté, il est moins étanche et du liquide va sortir du sang pour aller s'insinuer entre les cellules. Cette eau salée (3) qui s'échappe du vaisseau sanguin fait gonfler localement les tissus. Ce gonflement est un oedème.

La réaction inflammatoire se limité à la zone de votre organisme qui a été endommagée: c'est une réaction locale. Elle n'est pas spécifique, car tout un ensemble de facteurs différents (température, chocs, blessures...) va déclencher la même réponse: vous alerter par la douleur et amener davantage de sang sur les lieux du délit. Mais, au fait, qu'y a t'il donc de particulier dans le sang qui afflue vers la région qu'une moustique affamée, par exemple, vient de mettre à mal ?





Après une égratignure, il est facile d'observer les manifestations de la réaction inflammatoire (schéma supérieur). L'origine de ces manifestations est principalement lié à la dilatation des capillaires sanguins (schéma ci dessus)

Oedème: gonflement provoqué par une accumulation de liquide au niveau d'un organe ou d'un ensemble d'organes.
Tissu: transmission des caractères par la reproduction sexuée

Des films pour réfléchir



Dr Erlich magic bullet (W Dieterle, 1940) quasiment introuvable
l'incroyable voyage (Saul David, 1966).
Un remake: anticorps, 2002.

1 - Car "ça brûle" et, en plus, elle est provoquée par une flamme... 2 - Vous avez étudié ces récepteurs avec le système nerveux, en fin de quatrième. Oui, c'est bien le cours que vous avez expédié rapidement en fin d'année, entre les voyages en Angleterre, les ponts du mois de mai ou la chaleur de juin... Une révision (ou découverte) s'impose!
3 - Cette eau est un filtrat (terme que vous avez vu en physique) du sang. Elle contient du sel et tout un ensemble de petites molécules.

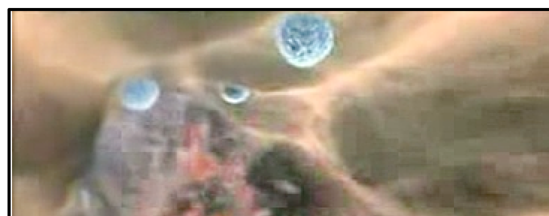
2- Des cellules spécialisées, les leucocytes, luttent contre les infections

Un rapide coup d'oeil au microscope sur un échantillon de sang (vous avez du le faire en TP, non ?) permet de constater que l'on trouve dans le sang de très nombreux "globules rouges" et, de-ci de-là, des globules "pas rouges" que, faute de mieux, les premiers observateurs ont appelés globules "blancs". Leur nom actuel est leucocytes, et on peut remarquer qu'au cours d'une infection la proportion de leucocytes augmente dans le sang.

Les colorations permettent de constater que tous les leucocytes ne sont pas identiques, ce qui indique des rôles sans doute différents. De plus, certains leucocytes sont visibles, au microscope, au niveau d'une plaie. D'où viennent-ils et que viennent-ils faire à ce niveau ?

Tout d'abord, précisons les proportions: le sang est un liquide qui transporte des cellules. Les "globules rouges" (ou hématies) transporteurs d'oxygène sont de loin les plus nombreux: 1 ml de sang en contient 5 millions, contre 5000 leucocytes seulement.

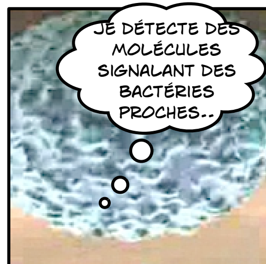
Au voisinage d'une blessure, certains leucocytes sont capables de quitter les vaisseaux sanguins pour se porter au contact des micro-organismes ayant réussi à traverser la peau. Ce comportement apparaît clairement sur la vidéo présente dans la marge de cette page (1). Ces leucocytes, les cellules phagocytaires, sont attirés par des molécules libérées par les bactéries et les cellules endommagées. Ces leucocytes ont une membrane extrêmement déformable, très fluide, qui leur permet de traverser la paroi des capillaires sanguins en s'insinuant entre deux cellules (2).



NOUS SOMMES DANS UN CAPILLAIRE, LES HÉMATIES AU CENTRE, LES LEUCOCYTES RAMPENT SUR LES BORDS.



NOTRE HÉROS: UNE CELLULE PHAGOCYTAIRE



NOTRE CELLULE ROULE SUR SA MEMBRANE TRÈS SOUPLE...





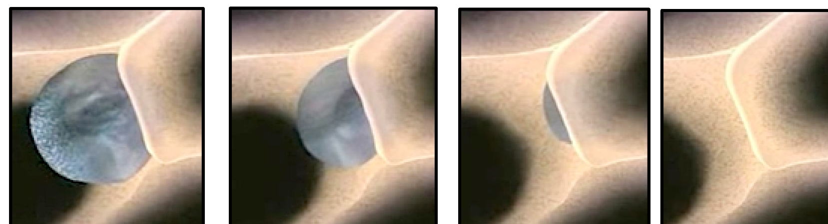
IL FAUT **SORTIR** DU CAPILLAIRE !



LA MEMBRANE S'APLATIT, NOTRE CELLULE DEVIENT TRÈS FINE ET SE DIRIGE VERS LA LIMITE ENTRE DEUX CELLULES DU CAPILLAIRE...



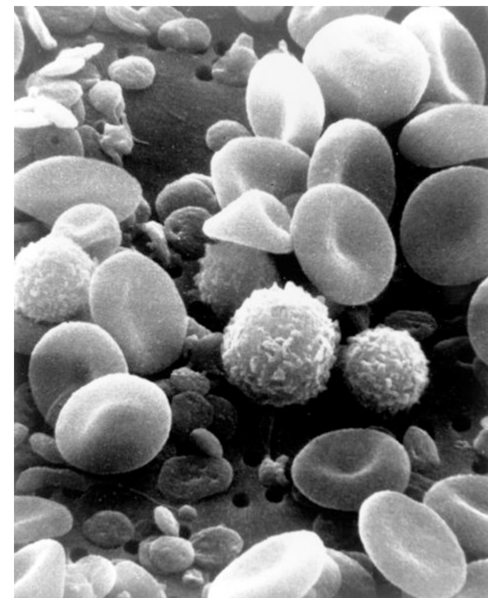
LA MEMBRANE PASSE **ENTRE** LES DEUX CELLULES...



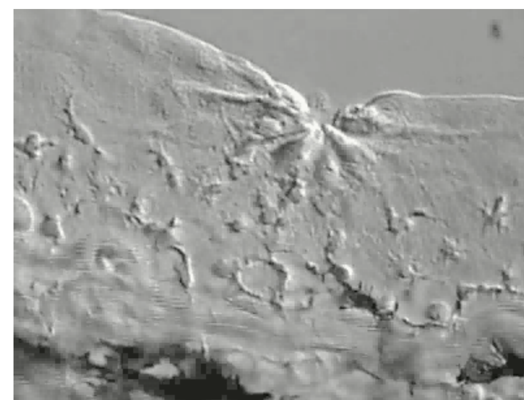
LE CYTOPLASME, PUIS LE NOYAU, SE DÉFORMENT EUX AUSSI ET NOTRE CELLULE **S'ÉVADE** DU CAPILLAIRE. ELLE EST **LIBRE** D'ALLER VERS LES BACTÉRIES...

1 - Si vous avez un PDF sans vidéo, cliquer ici !

2 - ce comportement est baptisé du doux nom de diapédèse. Ne vous plaignez pas, en anglais (langue des scientifiques) on dit "extravasation", ce qui n'est guère plus élégant.

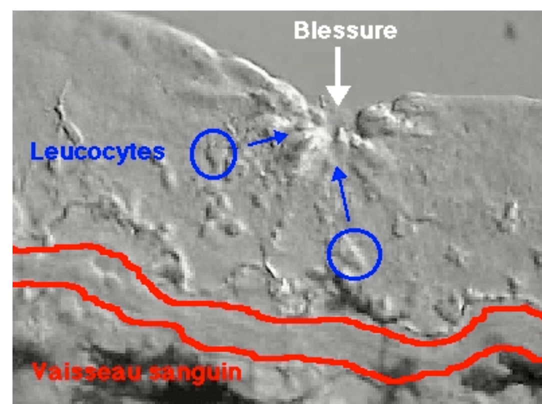


Sur cette vue en microscopie électronique apparaissent diverses cellules présentes dans le sang: les hématies en forme de disques et les leucocytes sphériques à la membrane formant de nombreux replis.



Ce film (Prof P. Martin, School of Medical Sciences, Bristol) montre la réaction d'un embryon de poisson à une blessure. Les cellules phagocytaires quittent le vaisseau sanguin pour se rendre sur le "champ de bataille".

La vue ci-dessous facilitera votre repérage (j'espère).

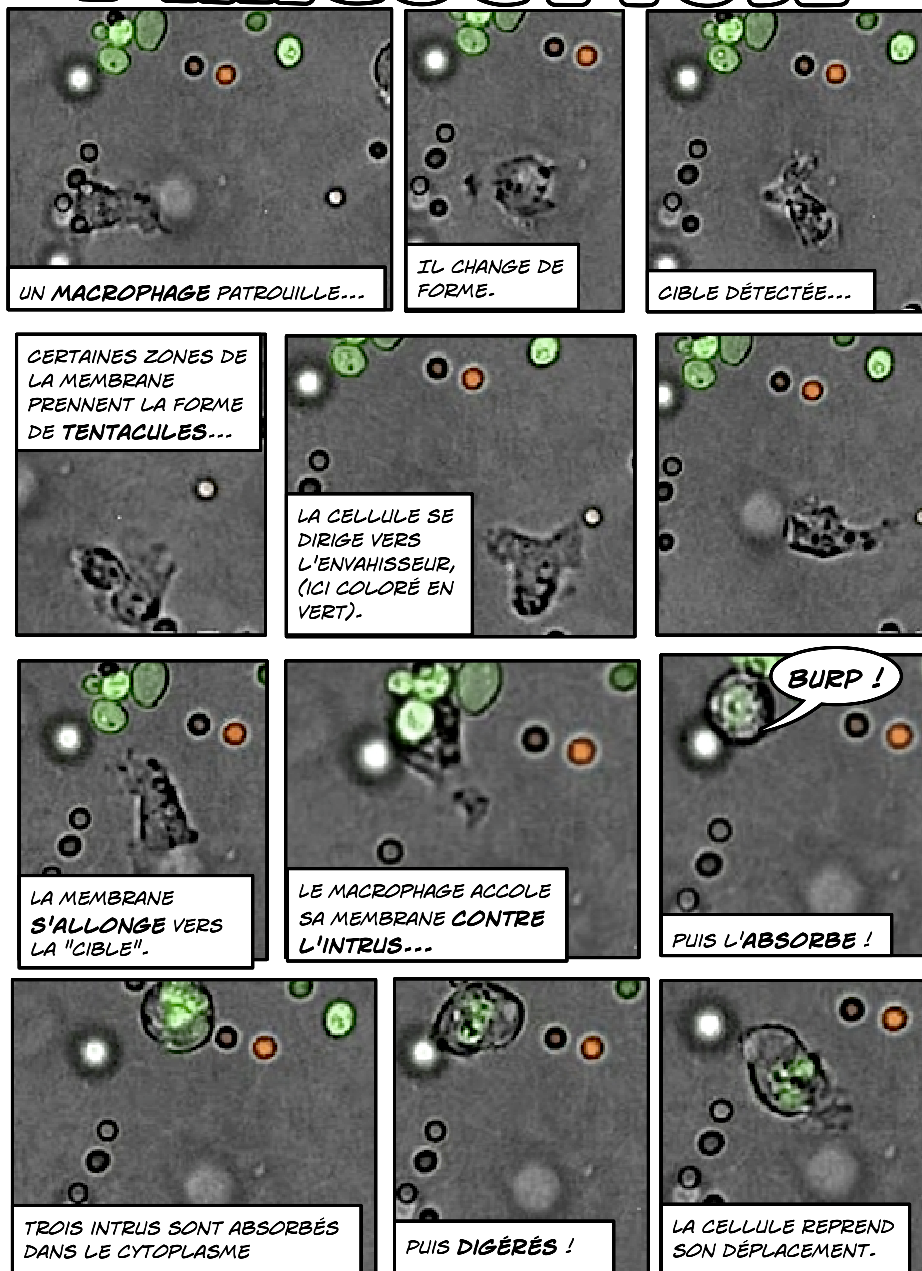


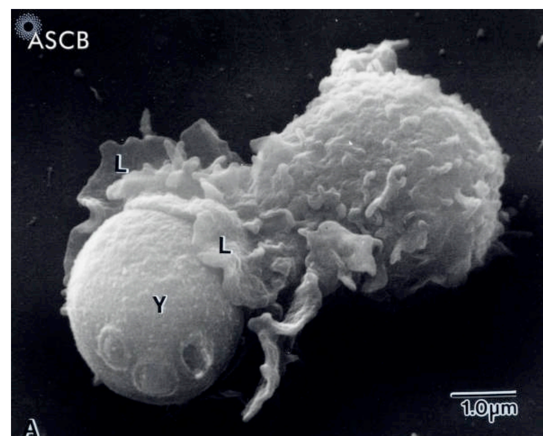


On peut attirer une cellule en libérant avec une pipette les molécules qui normalement signalent la présence des micro-organismes.

Une fois parvenues près des bactéries (ou des champignons, ou des protozoaires...), les cellules phagocytaires manifestent un comportement qui leur a donné leur nom: elles se collent contre l'envahisseur, l'englobent, l'enferment dans une poche puis le digèrent... En un mot: les cellules phagocytaires mangent les intrus! Elles peuvent même en manger plusieurs en même temps...

Ce comportement alimentaire franchement hostile a été baptisé phagocytose (1).

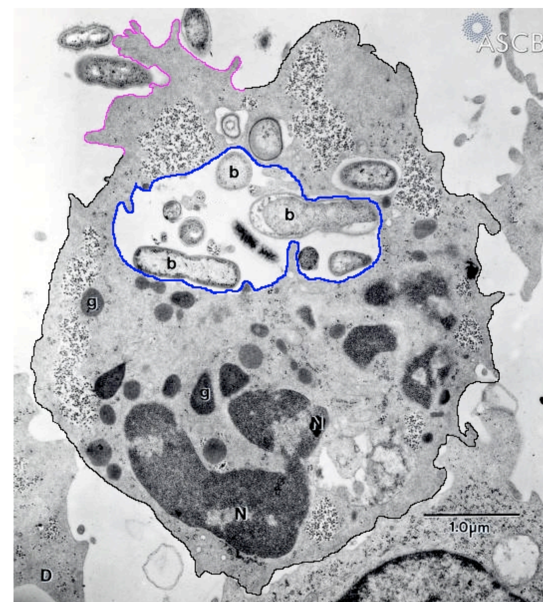




Sur cette vue en microscopie électronique à balayage (qui crée une vue "en relief"), un macrophage (à droite) est en train de se préparer à absorber une levure (notée Y, car levure se dit "Yeast" en anglais, et voilà un mot de plus dans votre répertoire, qui vous sera très utile, n'en doutez pas).

La membrane du macrophage a formé des expansions (notées L) qui lui permettent d'attraper puis d'englober et de détruire la levure. Vous remarquerez aussi que le macrophage est doué d'un solide appétit puisque son "déjeuner" fait presque la même taille que lui... Gare à l'indigestion !

Le trait blanc en bas à droite vous donne l'échelle: il représente 1 µm, soit 0,001 mm...



Sur cette coupe d'un macrophage, obtenue en microscopie électronique, vous pouvez constater que plusieurs bactéries sont enfermées dans une poche (surlignée en bleu) dans laquelle elles vont être digérées. La membrane de la cellule est surlignée en noir, sauf la zone supérieure, en rose, qui forme des expansions (2) qui vont permettre de capturer et détruire trois bactéries supplémentaires visibles en haut à gauche.

1 - Deux types de leucocytes sont capables de réaliser la phagocytose: les "polynucléaires" et, plus facile à retenir (c'est pourquoi nous parlerons désormais d'eux seuls) les macrophages (= "gros mangeurs" en grec)

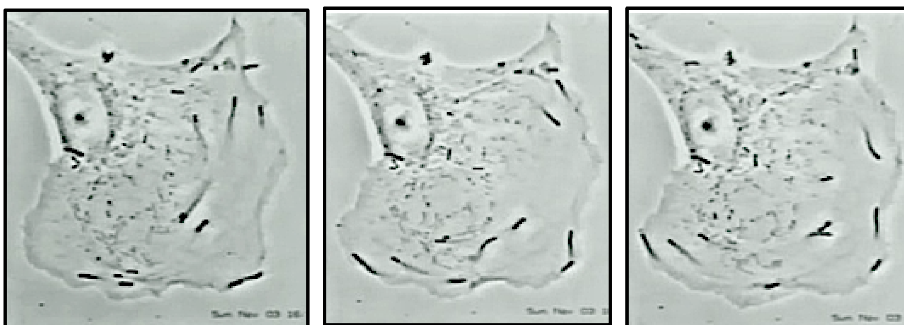
2 - Ces expansions tentaculaires portent le nom de pseudopodes (ce qui signifie "presque des pieds"), terme qui va, à coup sûr, enrichir votre vocabulaire et vous permettre de passer pour un "intello" devant copains et copines...

Macrophages et autres cellules phagocytaires ont toutefois des difficultés par arrêter une invasion massive de bactéries, par exemple: de nombreuses cellules meurent dans la bataille, les bactéries mortes, les débris et le liquide provenant du sang s'accumulent, et le champ de bataille prend la forme d'un liquide huileux, blanc et très riche en bactéries: le pus.

La formation de ce liquide signale donc une bataille difficile, une guérison remise en cause (1).

Les micro-organismes disposent de plusieurs stratégies pour contrer les macrophages . Ils peuvent:

- tuer le macrophage en fabriquant des molécules toxiques (2) pour celui-ci
- se retrouver neutralisés à l'intérieur du macrophage qui n'arrive pas à les digérer. Ils vont alors attendre la mort de la cellule pour sortir et contaminer d'autres cellules, ou même d'autres individus si les macrophages ont été expulsés hors de l'organisme (par des crachats, par exemple, ou des éternuements...)
- se laisser emprisonner à l'intérieur de la cellule puis s'y multiplier, bien à l'abri. La cellule phagocytaire finira par en mourir, libérant de nombreux nouveaux envahisseurs (3).



Ci-dessus, cette suite de photos montre une cellule envahie par des bactéries (des listeria - bâtonnets noirs) qui se baladent dans son cytoplasme. Deux secondes séparent la première et la dernière photo - origine HHMI.

Macrophages et cellules phagocytaires ne sont donc pas toujours suffisants pour contrer les micro-organismes. Ils agissent rapidement, mais ils ont beau essayer d'absorber et de digérer tous les microbes qui passent à leur portée, ils peuvent être débordés. Il va donc falloir faire appel à des renforts qui vont permettre une réponse plus efficace en mettant au point une stratégie antimicrobienne bien plus précise que celle des macrophages.

Mais d'où vont provenir ces providentiels renforts et comment vont-ils agir ? Il est temps de préciser origine, répartition et mode d'action de ces cellules protectrices...

1 - Afin d'éviter la formation du pus, le nettoyage des plaies au moment de la blessure, qui diminue le nombre d'envahisseurs, est primordial

2 - Ces molécules sont des toxines, certaines constituent les plus puissants poisons connus. La bactérie Clostridium, qui se développe dans les conserves artisanales, fabrique ainsi le plus puissant poison connu, la toxine botulique (le fameux "botox" des chirurgiens esthétiques), 40 millions de fois plus toxique que le cyanure (12 g de toxine pure pourraient éliminer les 6 milliards d'êtres humains de la planète...)

3 - Cette stratégie doit vous rappeler celle utilisée par les virus, non ?

Contexte historique

Observations et pratiques ancestrales

Très rapidement, les humains découvrirent que ceux qui survivaient à des maladies, même graves, pouvaient ensuite être protégés, "immunisés" contre cette maladie. C'est ainsi que la rougeole ou la varicelle, par exemple, ne touchent presque que les enfants.
Cette immunité a été utilisée dans l'histoire: pendant l'épidémie de fièvre typhoïde qui toucha Athènes vers l'an -500, l'historien Thucydide nota que seuls ceux qui avaient eu la maladie et en avaient triomphé pouvaient sans risque s'occuper des malades.
Vers l'an 1000, en Chine, les malades faiblement atteints par la variole servaient de "donneurs" de liquide contenu dans les boutons, lequel était desséché longuement puis inspirés par des sujets bien portants qui, s'ils avaient de la chance, ne souffraient que peu de la maladie puis en était protégés à vie.

Toutefois, personne ne pouvait expliquer scientifiquement ces observations, et il fallut attendre le 19e siècle pour obtenir quelques explications sur ces faits établis, mais jusqu'alors mystérieux.

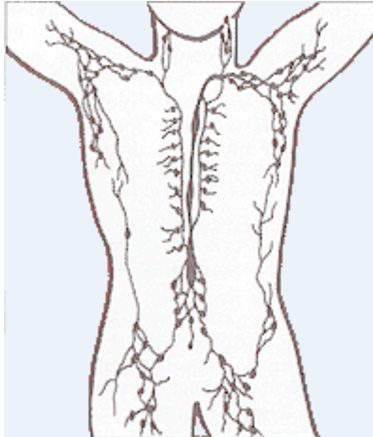


À RETENIR

Après une blessure, la réaction inflammatoire (douleur, rougeur, chaleur, gonflement) liée à la dilatation des vaisseaux sanguins, permet aux cellules phagocytaires de quitter rapidement le sang pour venir absorber les micro-organismes. Si leur action échoue, d'autres cellules, les lymphocytes, massés dans les organes lymphoïdes, vont développer une défense plus précise et plus efficace.

<u>3 - Les leucocytes produits dans la moelle des os se répartissent dans les organes lymphoïdes, en particulier dans les ganglions lymphatiques.</u>

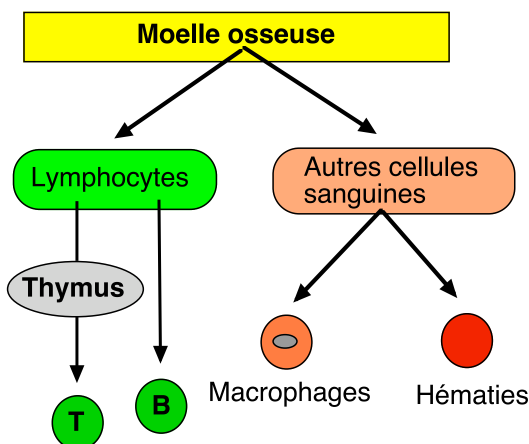
En dehors de toute infection, il y a des organes contenant de nombreux leucocytes: ce sont les organes dits lymphoïdes (1).



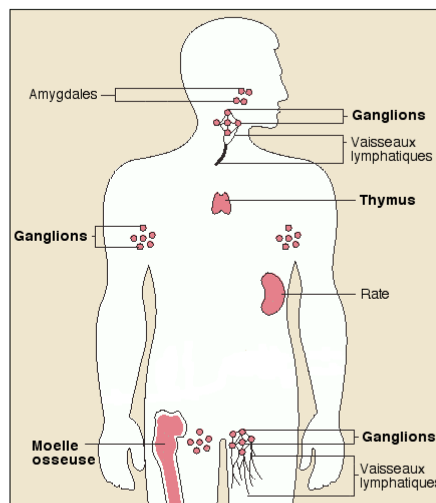
Les plus nombreux sont les ganglions lymphatiques, des organes sphériques de la taille de l'ongle d'un doigt, répartis dans tout l'organisme et reliés par des "tuyaux", les vaisseaux lymphatiques. Le schéma ci-contre vous montre l'emplacement de ces ganglions. Lorsqu'une infection se produit, les ganglions les plus proches gonflent.

L'observation microscopique montre que les ganglions contiennent des leucocytes qui sont appelés lymphocytes. Les lymphocytes ne se forment pas dans les ganglions. Certains lymphocytes (les B) viennent directement de la moelle osseuse alors que d'autres (les T) ont fait auparavant un détour par un autre organe, le Thymus (3)

En effet, bien que toutes les cellules du sang proviennent de la moelle osseuse (2), les leucocytes migrent dans différents organes pour finir par s'installer principalement dans les ganglions lymphatiques (et dans la rate).

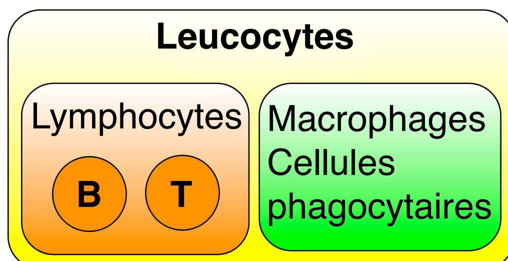


Toutes les cellules présentes dans le sang proviennent de cellules installées dans la moelle osseuse.



Emplacement de différents organes contenant une forte proportion de lymphocytes.

Cela commença à faire pas mal de cellules différentes dans notre système de défense, un petit point s'impose (voir schéma ci-dessous) avant de continuer et de voir comment sont stoppés les envahisseurs qui ont pu triompher de l'appétit des macrophages.



La famille des leucocytes, présentée en groupes emboîtés, comme la classification en sixième...

1 - Il existe pas mal d'organes lymphoïdes, mais vous n'avez à connaître que la moelle osseuse, le thymus et les ganglions lymphatiques. Tout compte fait, les spécialistes qui font votre programme ont décidé que finalement les seuls ganglions devaient suffire...
2 - A ne pas confondre avec la moelle épinière, tissu nerveux situé à l'intérieur de la colonne vertébrale.
3 - le Thymus est un organe qui sert principalement "d'école" pour les lymphocytes T, qui y "apprennent" le métier de... tueur, mais n'anticipons pas...

Les défenses de l'organisme: cellules ou molécules ?

Une controverse historique franco-allemande.

Metchnikoff découvre la phagocytose

En 1882, le chercheur Russe Élie Metchnikoff, âgé de 37 ans, étudie à Messine, sur la côte italienne, le développement des embryons d'étoile de mer. Il observe dans ces embryons transparents des cellules mobiles, et a l'idée qu'elles pourraient protéger l'organisme (voir p.16). Pour vérifier son hypothèse, il enfonce des épines d'arbre dans les embryons et, après 24h, découvre que les cellules mobiles ont complètement entouré les épines, tentant ainsi de protéger l'organisme.
Ces cellules mangent donc les débris et autres intrus qui menacent l'embryon. Elles seront appelées phagocytes par Claus, un ami de Metchnikoff à qui il fait part de ses découvertes. Encouragé par d'autres chercheurs présents à Messine, Metchnikoff publie ses découvertes en 1883 dans la revue de l'institut de zoologie de Vienne.
À la même époque, ce chercheur confirme que, lors d'une inflammation, des cellules phagocytaires interviennent, et soutient que l'inflammation n'est pas une attaque du corps par les microbes, mais une réaction de défense de l'organisme contre les microbes.
Après sa découverte, Metchnikoff quitte rapidement la Russie (il ne s'entend pas avec les autorités locales et ses confrères) pour le tout nouveau et déjà célèbre institut Pasteur, à Paris. Il s'y installera définitivement, et formera des scientifiques qui vont défendre l'idée selon laquelle ce sont des cellules comme les phagocytes qui défendent le corps contre les agressions microbiennes.

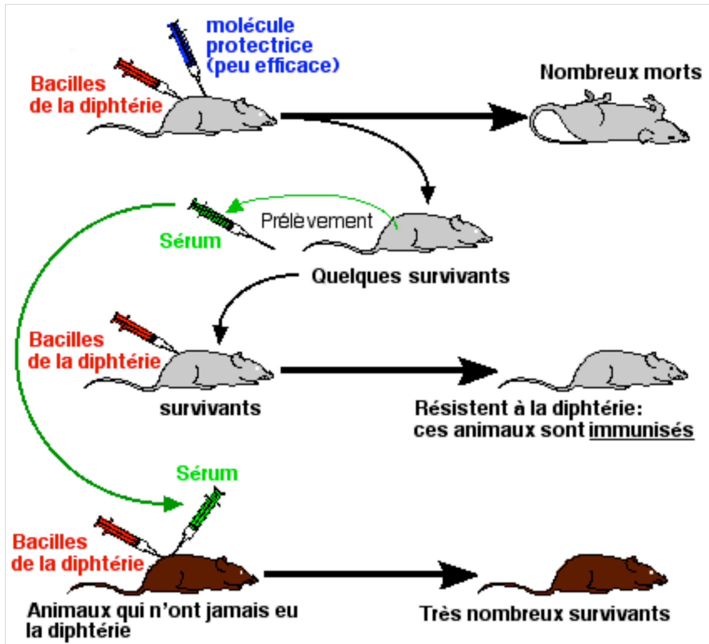
L Erhlich et von Bhering favorisent les molécules

Quelques années plus tard, les chercheurs allemands (Buchner, Von Behring, Erhlich) de l'institut de Berlin démontrent qu'il existe dans le sang des molécules protectrices. Dès lors, la bataille s'engage entre équipes françaises et allemandes (2), sur fond de règlements de compte (on sort de la guerre de 1870, au cours de laquelle la France à "perdu" des territoires au profit de l'Allemagne) et de méfiance réciproque. Les affrontements sont violents entre ceux qui défendent une protection à base de cellules (les Français de l'institut Pasteur) et ceux qui insistent sur le rôle primordial des molécules protectrices (l'école allemande).
Les progrès remportés dans la lutte contre les infections et le développement des vaccinations feront passer cette lutte au second plan, mais la recherche va massivement s'orienter vers l'étude et la production de molécules protectrices.
Ce n'est qu'après la Seconde Guerre mondiale que l'étendue et la découverte du rôle des cellules comme les lymphocytes dans la protection de l'organisme montreront que l'organisme est défendu à la fois par des cellules et par des molécules.

Les lymphocytes constituent une ligne de défense capable de reconnaître l'envahisseur

Les lymphocytes B fabriquent des molécules protectrices, les anticorps.

À partir de 1888, les chercheurs allemands Nuttal et Buchner découvrent que certaines bactéries sont tuées par le contact du sérum sanguin. Le sérum ne contenant aucune cellule (1), ils en déduisent qu'il existe dans le sang une substance qui joue un rôle dans la protection contre les bactéries. Behring et Kitasato (2) montrent en 1890 que cette molécule est produite après une infection et qu'elle est capable de protéger contre les effets d'une bactérie comme le bacille de la diphtérie ou du tétanos (3).



Ces chercheurs montrent que le sérum d'un animal immunisé est capable de protéger un autre animal de la maladie s'il lui est injecté. Cette découverte ouvre la voie au premier traitement médical de cette maladie (4). En 1898, le biologiste Pfeiffer montre que ces molécules sont capables de tuer les bactéries, et il les nomme "antikörpers": les anticorps.

Les molécules qui provoquent la formation des anticorps (et qui proviennent des micro-organismes) sont, quant à elles, appelées antigènes. Les chercheurs vont alors tenter de proposer et de vérifier diverses hypothèses permettant d'expliquer comment sont produits et agissent les anticorps. Paul Ehrlich, dès 1897, propose que les antigènes (Ag) se fixent sur les anticorps (Ac) par simple "emboîtement". Bien que les détails de sa théorie sur la production des Ac n'aient pas été confirmés par la suite (5), c'est bien par une fixation semblable à un emboîtement que les Ac se fixent sur les Ag pour les neutraliser.

Il faudra attendre 1948 pour que la scientifique suédoise Astrid Fagreus identifie les cellules qui fabriquent les anticorps, mais ce n'est qu'en 1960 que James Gowans (6) réalise une expérience qui prouve l'origine de ces cellules sécrétrices d'Ac: au moyen de techniques de chirurgie, il empêche les lymphocytes de se répandre dans le corps de souris et constate que les animaux deviennent incapables de fabriquer des Ac.

Dès lors, il devient évident que les Ac sont fabriqués par des lymphocytes. Toutefois, il apparaît aussi qu'il existe plusieurs sortes de lymphocytes.

1 - Sérum = (sang) - (cellules)
2 - Voir exercice 3 p.24 pour plus de détails sur ces deux brillants scientifiques.
3 - La diphtérie est une maladie respiratoire qui provoque un étouffement, le tétanos est une maladie qui touche les muscles dont il force la contraction, jusqu'à la mort...
4 - En 1890 , la diphtérie tue 25000 enfants par an en France. Behring et Roux, en France, utilisent des Ac produits par des animaux pour soigner les malades. en 1894, la mortalité des enfants passe de 60 % à 25 % alors qu'à Paris 2000 enfants meurent, cette année-là, de la diphtérie. Il n'y aura plus que 327 morts en 1896 et 228 en 1910...
5 - Il pensait, par exemple, que n'importe quelle cellule était capable de fabriquer des anticorps.
6 - Remarquons qu'entre 1912 et 1921 James Murphy avait réalisé les mêmes découvertes, dans l'indifférence générale. Voir exercice 12.

Pendant le cours...

Questions d'élèves

L'intello qui énerve le prof

A quoi il sert, le Thymus ?

Le thymus sert en fait à opérer une sélection entre les divers lymphocytes T en provenance de la moelle. Seuls les lymphocytes T inoffensifs pour nos cellules survivent et quittent le thymus pour s'installer dans les ganglions.

Le roi du guiness book

On en a combien de lymphocytes?

Dans chaque ml de sang, il y a entre 5000 et 10000 leucocytes (et vous avez 5l de sang...) mais l'essentiel de ces cellules se trouve dans les ganglions et les autres organes lymphoïdes... Pour les seuls lymphocytes, on en compte entre 2000 et 4000 par ml de sang. L'analyse qui permet de compter les différentes cellules du sang est une "Numération Formule Sanguine", vous connaissez maintenant le sens du fameux "NFS" de la série "Urgence"...

L'écologiste béat

Mais puisqu'on a un système de défense naturel, a quoi ils servent les médicaments ? On tombe malade à cause de la pollution ?

Notre système immunitaire a beau être naturel, il n'est pas infaillible! De nombreux micro-organismes ont évolué pour le contourner ou le déborder, sans voir besoins de la "pollution" pour cela. Malgré nos défenses, l'espérance de vie au cours de l'existence humaine a très rarement dépassé les 40 ans. En ce sens, vous vivez à une époque formidable!

Celui qui a compris que science = expérience

On peut faire des expériences m'sieur ?

À part des observations microscopiques, les expériences sur des animaux sont trop longues et trop coûteuses pour être envisagées. On pourrait mélanger sur une lame des gouttes de sang différentes pour observer comment vos différents Ac se neutralisent, mais l'utilisation du sang humain est interdite depuis l'épidémie de SIDA...

Celui qui a discuté tous le temps avec un copain (une copine, rayer la mention inutile)

C'est quoi un anticorps ? C'est vivant?

Un anticorps est une molécule fabriquée par un lymphocyte B. Cette molécule s'emboîte sur un Ag, puis une fois fixée dessus elle va provoquer la destruction du porteur d'Ag (virus, bactérie...)

L'amateur d'herbe

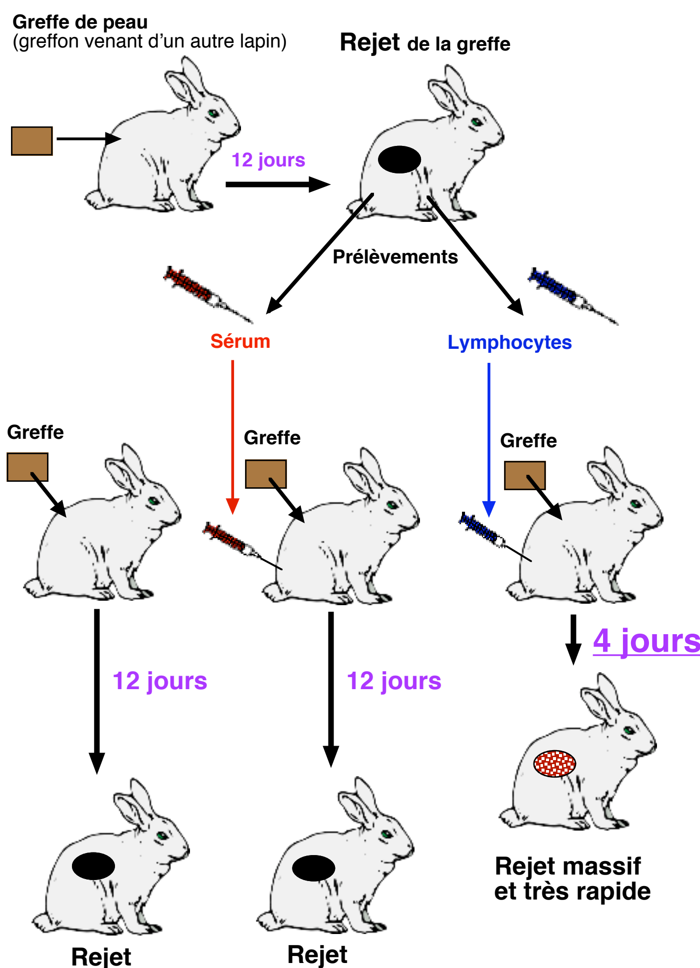
Whoooaaaa M'sieu, les plaaaantes, est-ce qu'elles ont un systèèème de défonce, heu de défense, contre les méchants microoobes ?

Oui, les végétaux se défendent, leurs cellules infectées s'auto-détruisent (trous dans les feuilles) et ils fabriquent des molécules toxiques pour les micro-organismes, mais qui ne sont pas spécifiques.

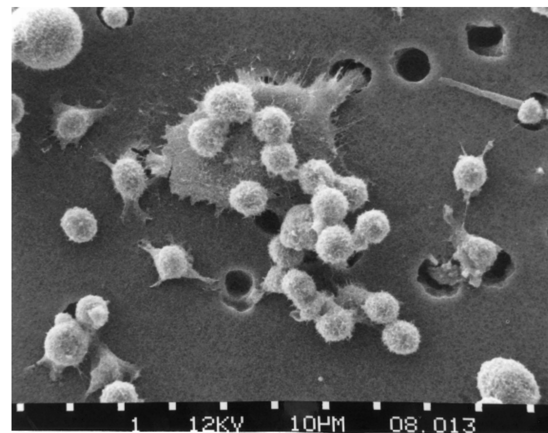
D'autres lymphocytes provoquent le rejet des greffes

En effet, les médecins avaient essayé, dès le début du 20éme siècle, de greffer des organes. Bien que la technique ait été mise au point avant la Première Guerre mondiale (1) , les organes greffés, bien qu'alimentés par le sang, devenaient noirs, et se détruisaient au bout de quelques jours. Pendant la Seconde Guerre mondiale, P. Medawar essaye de soigner les brûlés en leur greffant de la peau. Il était connu que l'on pouvait transplanter de la peau d'un endroit à un autre du corps sans rejet. Par contre, Medawar découvre que la peau d'un donneur est rejetée, et, pire encore, un deuxième greffon en provenance du même donneur est détruit encore plus rapidement.

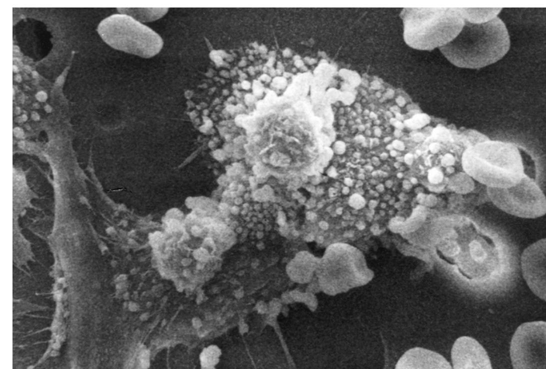
Medawar, après avoir constaté ce phénomène sur les humains, l'observe aussi sur des lapins. Un étudiant de son laboratoire, Mitchison, reproduit ce phénomène chez la souris, mais réalise une expérience décisive: alors que Medawar pense que ce sont des anticorps qui rejettent la peau greffée, Mitchison observe que les ganglions lymphatiques des animaux greffés grossissent. Il va donc réaliser une première série de greffes de peau sur des souris sur lesquelles il va prélever du sérum (qui contient les Ac) et des ganglions lymphatiques (qui contiennent des cellules, les lymphocytes). Il réalise alors d'autres greffes en injectant aux souris greffées soit le sérum, soit les lymphocytes, soit rien du tout. Il constate que les souris qui ont reçu les lymphocytes rejettent la greffe bien plus rapidement que les deux autres lots d'animaux. Il en déduit que certains lymphocytes sont impliqués dans le rejet des greffes, ce qui est vérifié chez le Lapin par les chercheurs Medawar (encore) Billingham et Brent, qui utilisent des greffes de peau saine et non pas, comme le faisait Mitchison, des tumeurs, amas de cellules malades qui pouvaient peut être fausser les résultats.



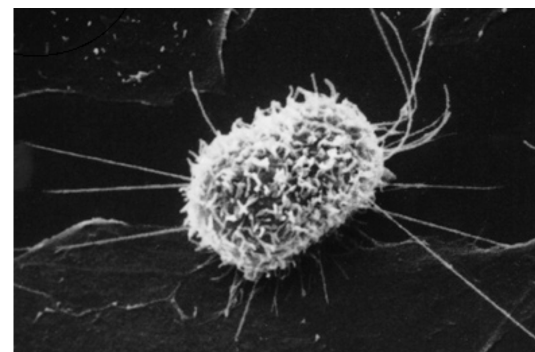
En 1961, J. Miller supprime sur des souris nouveau-nées un organe qui contient des lymphocytes, mais dont on ignore la fonction précise, le thymus. Les souris qu'il obtient deviennent sensibles à de nombreuses infections et, surtout, elles ne rejettent plus les greffes ! Dès lors, on peut raisonnablement penser que les lymphocytes provenant du thymus (que l'on va appeler, à cause de l'initiale de cet organe, les lymphocytes T) défendent le corps contre les cellules "anormales" (comme celles venant d'un autre organisme) alors que d'autres lymphocytes, que l'on nommera B, (2) fabriquent les molécules protectrices, les anticorps.



Sur ce cliché, des lymphocytes T (sphères blanches) sont en train de se coller à la surface d'une cellule cancéreuse (grande cellule plate, grise, aux bords dentelés). La cellule possédant des Ag anormaux, elle va être détruite. x 8000 photo Susan Arnold, NCI.



Les lymphocytes T (sphères blanches) ont tué la cellule cancéreuse (la cellule se vide de son contenu, ce qui produit des "boutons" sphériques à sa surface). x 10000, photo National Cancer Institute.



Cette microphotographie permet de surprendre un lymphocyte en train de se diviser, d'où sa forme allongée (c'est une mitose, hé oui, il ne faut pas oublier ce qui a été vu au premier chapitre...) Cette division se produit dans les ganglions lymphatiques, en réponse à une infection.. x 12000, photo National Cancer Institute.

1 - En particulier grâce aux découvertes d'un chercheur français, prix Nobel, Alexis Carrel

2 - Pour vous en rappeler, songez à "Bones" (os, en anglais), l'endroit d'où viennent directement ces lymphocytes.

Les lymphocytes B fabriquent des anticorps toxiques pour un envahisseur précis alors que les lymphocytes T détruisent précisément les cellules infectées ou anormales

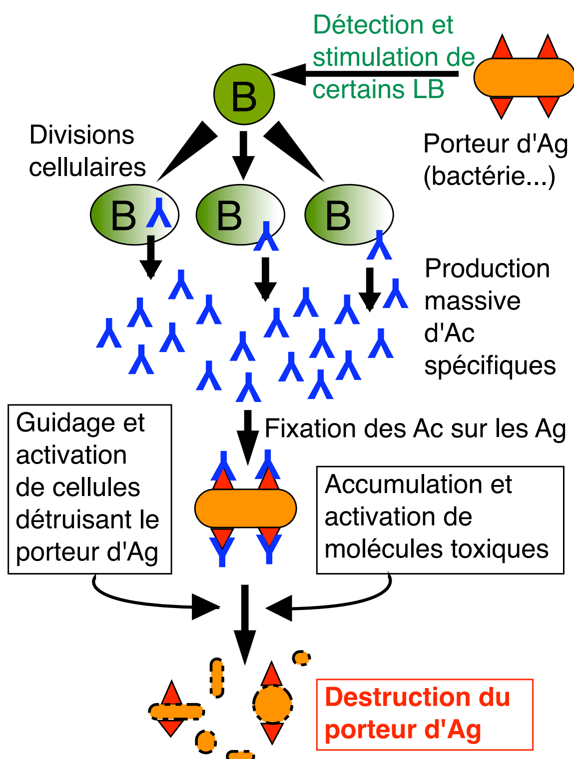
Alors que les macrophages, nettoyant l'organisme, absorbent les bactéries vivantes, les cellules mortes et divers déchets; les lymphocytes sont spécialisés dans la lutte de précision contre les micro-organismes.

En effet, les expériences réalisées autant par les équipes de Behring et de Medawar montrent que la réaction des lymphocytes est spécifique à un micro-organisme donné. L'immunité qu'ils assurent est donc spécifique d'un micro-organisme donné et n'assure une protection que contre ce micro-organisme.

Ainsi, les Ac anti virus de la grippe n'ont aucun effet sur le virus de la varicelle, et réciproquement. De même, les lymphocytes T qui reconnaissent et tuent les cellules infectées par le virus de la grippe ne tueront pas les cellules infectées par le virus de la varicelle, et inversement.

Il coexiste donc une immunité spécifique basée sur des molécules et une immunité utilisant des cellules.

Les lymphocytes sont capables de reconnaître des molécules (les antigènes) portées à la surface des cellules, des micro-organismes ou qui sont libérées par ces derniers. Les lymphocytes "vérifient" les antigènes et réagissent contre tous ceux qu'ils ne reconnaissent pas. Les Ag se comportent comme une "carte d'identité" des cellules (1).



Action des anticorps:

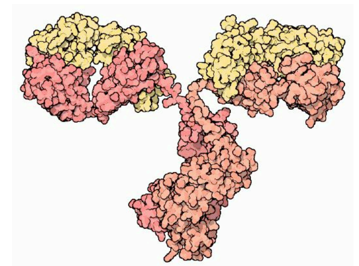
Un porteur d'Ag est détecté par le système immunitaire. Plusieurs cellules coopèrent pour détecter et activer un lymphocyte B spécifique de cet Ag, qui se multiplie rapidement pour donner toute une équipe de cellules productrices d'Ac eux aussi spécifiques de l'Ag à reconnaître. Libérés dans le sang, les Ac voyagent dans tout l'organisme et se fixent très précisément sur les Ag (tringles rouges) du porteur. Une fois fixés, ils vont «marquer» les porteurs d'Ag, qui attirent et activent ainsi des cellules destructrices comme les macrophages. Des plus, la fixation des Ac va entraîner toute une suite de réactions chimiques mettant en jeu de nombreuses molécules et aboutissant à la formation d'un complexe, ensemble de molécules toxiques pour le porteur d'Ag qui sera ainsi neutralisé.

Les anticorps sont donc des molécules d'origine lymphocytaire spécifiques d'un antigène donné. En présence d'un antigène microbien, les lymphocytes B fabriquent des anticorps, spécifiques de cet antigène et capables de se fixer dessus pour former un complexe. Ce complexe neutralise (2) les antigènes et permet leur élimination.

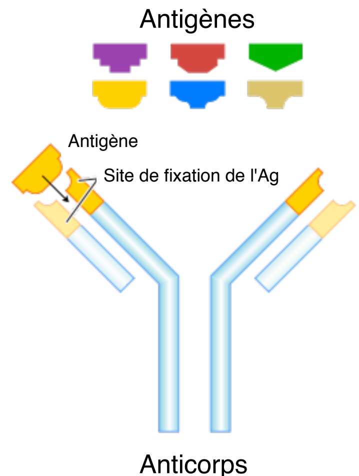
---

1 - Nous avons déjà rencontré des Ag situés à la surface de cellules, les hématies: rappelez-vous des molécules A et B présentes à la surface des globules rouges et qui sont à la base des groupes sanguins. Votre groupe sanguin correspond en fait aux Ag présents à la surface de vos hématies ...

2 - Neutraliser, c'est-à-dire immobiliser les bactéries, inactiver les toxines, empêcher les virus de rentrer dans les cellules...



Représentation d'une molécule d'anticorps. À la même échelle, une molécule d'eau aurait la taille d'un point. Les régions en jaune sont celles qui se fixent sur les Ag.



Schématisation d'une molécule d'anticorps et de plusieurs Ag, représentés de couleur différente. Dans cet exemple, L'Ac ne peut s'emboîter parfaitement que sur l'Ag jaune: il est spécifique de cet Ag.

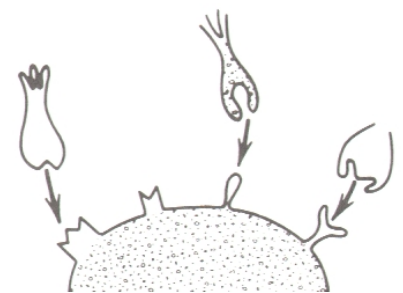


Schéma original d'Ehrlich montrant comment, vers 1890, il imaginait la fixation des Ag (libres) sur des Ac (fixés sur une cellule). Bien qu'il se soit trompé sur un point (les Ac sont libres, pas fixés sur une cellule), on voit bien le principe de la liaison par emboîtement Ac-Ag.



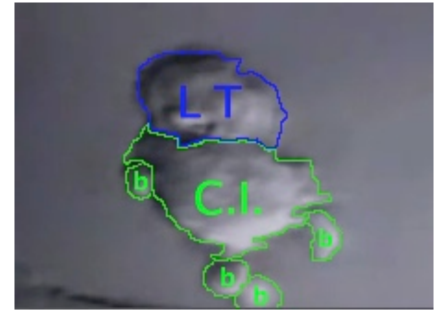
Hors programme

Comment agissent les anticorps ?

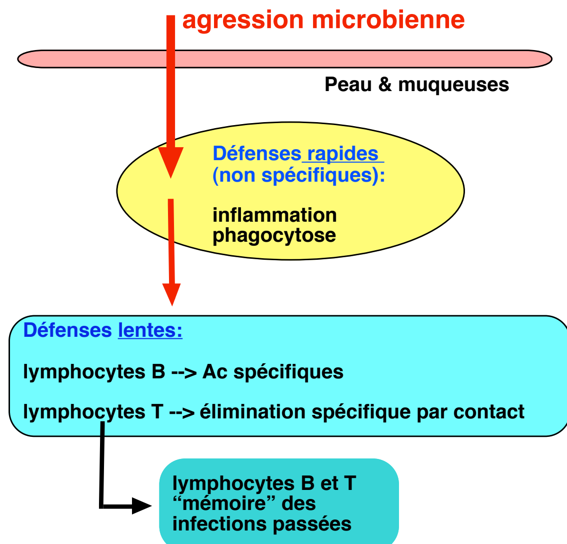
Les anticorps ne servent qu'à marquer, de façon très précise, les porteurs d'Ag. Une fois fixés sur leur cible, les Ac vont signaler les indésirables aux cellules comme les macrophages mais aussi, et surtout, permettre le déclenchement de tout un ensemble de réactions chimiques qui vont se dérouler sur le porteur d'Ag.? Ces réactions vont aboutir à la formation de «trous» dans le porteur d'Ag, qui sera ainsi neutralité et détruit.

Les lymphocytes T (LT) sont des cellules tuant les cellules “étrangères”, c’est à dire celles qui ne possèdent pas les Ag “normaux”. Les lymphocytes T détruisent les cellules qu'ils ne reconnaissent pas (infectées par virus - comme ci dessous - par une bactérie ou un champignon, cancéreuses, mais aussi les cellules d'un greffon).





Scène de crime: Un lymphocyte T (LT, en bleu) a tué une cellule infectée par un virus (C.I., en vert) qui en mourant se fragmente en plusieurs bulles (b).



Les divers types de défenses de l’organisme et leur ordre d’entrée en scène. Ce schéma résume ce que vous devez retenir.

Pour contrer une infection, les lymphocytes se multiplient (ce qui fait gonfler les ganglions lymphatiques) et subissent une dizaine de divisions environ. Leur nombre est alors multiplié par plus de 10000, mais les cellules obtenues ne persistent pas: après la disparition du porteur d’Ag, les lymphocytes meurent presque tous, il n’en subsiste qu’une très faible proportion qui peut vivre plusieurs années dans les ganglions lymphatiques. Ces lymphocytes, qui sont la trace d’une infection passée, dont dits lymphocytes mémoire. Nous n’allons pas tarder (1) à voir qu’ils expliquent les pratiques ancestrales et les succès étonnants des techniques de vaccination.

Toutes les cellules du système immunitaire (cellules phagocytaires, macrophages, lymphocytes... -2-) échangent des messages et coopèrent entre elles. Ces messages peuvent être des molécules transmises à distance ou nécessiter un contact entre les cellules qui coopèrent donc pour lutter contre les infections.

1 - Nous attendrons quand même le prochain chapitre...

2 - il en existe bien d’autres, mais elles ne sont pas à votre programme (vous les avez sans doute découvertes dans des vidéos en cours). Toutefois, vous avez maintenant une idée du fonctionnement et du rôle des principales cellules du système immunitaire.



Hors programme

Comment distinguer les cellules “normales”, qui nous appartiennent, des cellules des autres et des microbes ? Les cellules de l'organisme portent toutes à leur surface un ensemble de molécules constituants le système HLA (Human Leucocyte Antigen). Les LT et les macrophages peuvent détecter la présence des molécules HLA. Si ces molécules sont détectées, LT et macrophages sont inactifs, mais si les molécules HLA sont absentes, les cellules considèrent qu'elles ont affaire à un étranger et tentent de le détruire. Seuls les vrais jumeaux ont des systèmes HLA entièrement identiques et on peut échanger leurs organes sans aucun rejet.

Résumé : En dehors des barrières physiques comme la peau ou les muqueuses, l’organisme dispose de mécanismes de défense mettant en jeu des molécules et des cellules. La réaction inflammatoire et la phagocytose, au cours de laquelle les macrophages essaient d’absorber et de digérer les micro-organismes pathogènes, constituent une réaction de défense rapide, mais peu spécifique.

Tardivement, certains lymphocytes se multiplient dans les ganglions suite à l’infection. Les lymphocytes B fabriquent des Ac, molécules qui vont se fixer précisément aux Ag, autres molécules portées ou libérées par les micro-organismes, pour provoquer la destruction de ces derniers.
Les lymphocytes T vont se déplacer pour vérifier les Ag des cellules et éliminer précisément celles aux Ag anormaux (infectées par des virus ou des bactéries par exemple). L’action de ces deux familles de lymphocytes est plus lente, mais spécifique (précise).

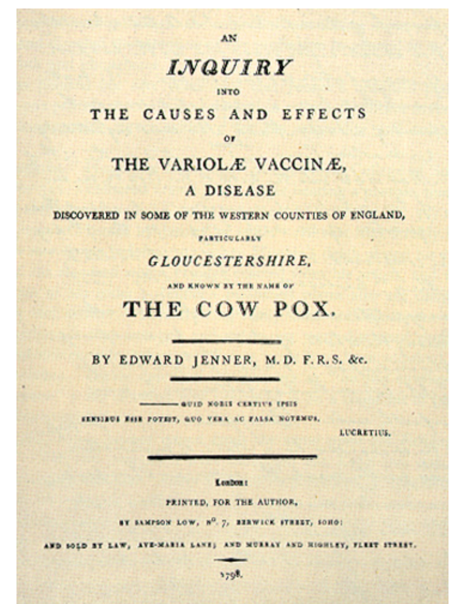
Une faible fraction des lymphocytes B et T qui s’étaient multipliés en réponse à l’infection va survivre plusieurs années, constituant une “mémoire” des infections passées, mémoire qui est artificiellement créée sans danger et utilisée par les techniques de vaccination.

Les lymphocytes à longue durée de vie constituent une "mémoire" des infections passées qui permet d'empêcher leur retour.

Au 18° siècle, en Angleterre, des diplomates avaient importé une méthode chinoise pour éviter la variole: il fallait respirer des croûtes desséchées provenant d'anciens malades (1). Ce procédé, la variolisation, était cependant dangereux, car certaines personnes traitées tombaient malades, il y avait 2 à 3 % de morts, et des cicatrices pour les malchanceux qui développaient la maladie.

Le Dr Jenner remarque, vers 1790, que les paysannes qui traient les vaches peuvent attraper la vaccine, une maladie bénigne de la vache (avec développement de boutons purulents sur la main). Toutefois, ces paysannes ou les vachers qui ont attrapé la même maladie n'attrapent pas la variole. Il en conclut que la vaccine des vaches protège contre la variole humaine. Pour le confirmer, il réalise une expérience sur un enfant, le 14 mai 1796, il prélève du pus sur la main d'une jeune femme atteinte de la vaccine puis injecte ce pus sous la peau d'un jeune garçon, J Phelps. L'enfant attrape la vaccine, qui guérit spontanément. Après sa guérison, Jenner lui injecte, cette fois, du pus issu d'une personne qui a la variole: l'enfant ne développe pas la maladie, il a été immunisé (2). Cette technique, la "vaccination", se répand dans toute l'Europe, puis dans le monde.

Voyons comment s'explique ce surprenant résultat (si vous avez bien lu les pages précédentes, vous avez 90% de la réponse...)



AN
INQUIRY
INTO
THE CAUSES AND EFFECTS
OF
THE VARIOLÆ VACCINÆ,
A DISEASE
DISCOVERED IN SOME OF THE WESTERN COUNTIES OF ENGLAND,
PARTICULARLY
GLOUCESTERSHIRE,
AND KNOWN BY THE NAME OF
THE COW POX.

BY EDWARD JENNER, M.D. F.R.S. &c.

——QUID NOBIS CERTIUS IPSIS
SENSIBUS ESSE POTEST, QUO VERA AC FALSA NOTEMUS.
LUCRETIUS.

London:
PRINTED, FOR THE AUTHOR,
BY SAMPSON LOW, N°. 7, BERWICK STREET, SOHO:
AND SOLD BY LAW, AVE-MARIA LANE; AND MURRAY AND HIGHLEY, FLEET STREET.
1798.

Couverture du livre de Jenner, paru en 1798. Le titre (long): "Une enquête sur les causes et les effets de la variole vaccinale, une maladie découverte dans certaines régions de l'ouest de l'Angleterre, en particulier dans le comté de Gloucester, et connue sous le nom de variole des vaches."

<u>1 - La réponse immunitaire n'est pas la même si l'Ag la déclenchant est nouveau ou s'il est déjà connu de l'organisme</u>

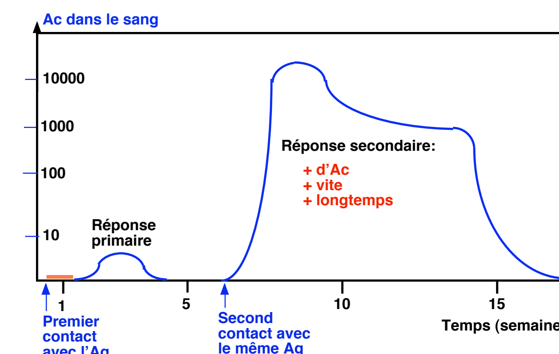
Un second contact avec un Ag donné entraîne une réponse immunitaire différente de la première.

Au premier contact (Ag inconnu), la production d'Ac (3) est lente (1 semaine avant d'atteindre son maximum), peu importante et dure 3 semaines environ.

Au second contact avec le même Ag (même plusieurs mois ou plusieurs années après le premier contact), la production d'anticorps spécifiques est rapide, massive et dure longtemps (cf. courbe)

On peut donc différencier, face à un Ag (donc à un porteur d'Ag, un micro-organisme) une réponse primaire (au premier contact avec l'Ag) et une réponse secondaire, bien plus intense (rencontres ultérieures avec l'Ag).

Le système immunitaire mémorise donc les différents antigènes auxquels il a été confronté.



Graphique décrivant l'évolution de la quantité d'Ac dans le sang en fonction du temps. La réponse primaire, peu intense, nécessite un temps d'attente (trait orange) alors qu'au second contact la sécrétion est plus rapide. Noter la graduation particulière de l'axe vertical, qui permet de montrer que lors de la réponse secondaire la sécrétion d'Ac est plus de 1000x celle de la réponse primaire...

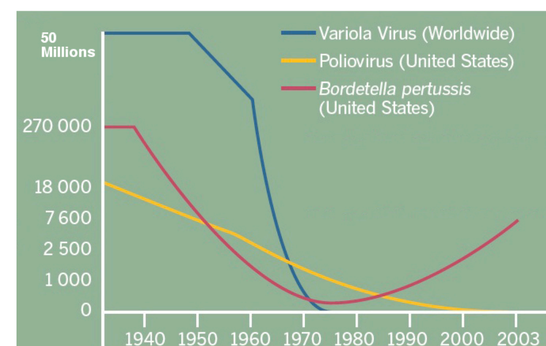
<u>2 - Des lymphocytes à longue durée de vie sont le support de la mémoire immunitaire</u>

Nous avons vu qu'après une infection, la plupart des lymphocytes mourraient, sauf certains LB et LT, cellules "spéciales" à longue durée de vie.

Ces lymphocytes mémoires forment un ensemble de cellules spécifiques chacune d'un Ag donné et qui sont donc déjà prêtes à réagir immédiatement et massivement (en se divisant) si elles rencontrent de nouveau cet antigène.

Ainsi, la sécrétion d'anticorps, par exemple, est immédiate, massive et l'infection est jugulée (4) très rapidement.

CQFD: vous avez compris que c'est ce phénomène qui est à la base du succès des techniques de vaccination.



Efficacité des vaccinations: depuis la généralisation des vaccins contre la variole (en bleu) et la poliomyélite (en jaune), ces virus qui ne peuvent vivre que dans les cellules humaines ont disparu. La courbe rouge concerne le nombre de malades de la coqueluche, qui réaugmente dernièrement (voir exercice 11).

---

1 - si vous avez déjà lu ça quelque part, félicitations, vous avez étudié, ou au moins lu avec profit, l'encadré sur les pratiques anciennes...

2 - Il faut bien comprendre que Jenner n'avait aucune idée du mécanisme à l'origine de la protection contre la variole. Il a observé des phénomènes et a essayé avec succès de les reproduire de façon artificielle (de même, les humains ont maîtrisé le feu bien avant de comprendre la chimie des combustions!). Un scientifique n'est donc pas celui qui sait, mais celui qui observe, s'interroge et agit. C'est ensuite que la recherche des causes se produit.

3 - Les résultats observés sont les mêmes si, au lieu du nombre d'Ac, on dénombre la production de lymphocytes T spécifiques. Mais comme ce comptage est plus difficile, on présente le plus souvent les résultats obtenus avec les Ac.

4 - c'est à dire stoppée. Juguler est un verbe qui avait au début le sens d'étrangler, donc d'arrêter un processus.

3 - La vaccination stimule la formation de lymphocytes mémoires avec des Ag inoffensifs identiques à ceux des micro-organismes dangereux

Pour réaliser une vaccination, on injecte dans l'organisme des toxines ou des micro-organismes rendus inoffensifs, mais qui portent toujours leurs antigènes.
Ils vont donc déclencher:

- la production d'anticorps et de LT spécifiques
- la production de cellules mémoires spécifiques.

Si l'organisme rencontre plus tard le porteur de l'Ag qu'il a appris a connaître, sa réaction sera immédiate et massive: la vaccination consiste à provoquer une réponse primaire sans danger, ce qui permettra à l'organisme de réaliser, lorsqu'il rencontrera le micro-organisme dangereux, une réponse secondaire à l'intensité protectrice.

Pour entretenir cette immunité, un rappel est nécessaire lorsque les lymphocytes mémoires sont en fin de vie (par périodes d'une dizaine d'années environ). La vaccination est une méthode préventive, car elle empêche de tomber malade, mais ne guérit pas quelqu'un qui est déjà malade.

Les vaccinations font donc partie de la... (cherchez un peu, comment on dit, déjà, les techniques de prévention d'une maladie...) prophylaxie (vous vous souvenez ?) d'une maladie. Grâce aux vaccinations, la mortalité infantile a été très fortement réduite, et certaines maladies ont complètement disparu (variole, et très bientôt la poliomyélite).

Tiens, mais au fait, pour guérir quelqu'un de déjà malade, si les vaccins ne sont d'aucune utilité, que fait-on ?

4 - Les antibiotiques, molécules d'origine microbienne, empêchent le développement de certains micro-organismes

Au cours de l'histoire de leurs espèces, les bactéries, les moisissures et les levures se sont affrontées pour accéder aux ressources d'un même milieu. Pour éviter la concurrence, ces micro-organismes produisent des molécules qui empêchent la croissance ou tuent les autres microbes.

Ces molécules sont les antibiotiques qui sont spécifiques d'un microbe ou d'une famille de microbes donnés. Le plus souvent, on utilise les molécules produites par les champignons ou les bactéries. L'avantage de ces molécules est qu'elles sont inoffensives pour les cellules animales (en effet, malgré votre grande valeur, vous n'êtes pas vraiment, pour un champignon microscopique, un concurrent au point de vue alimentaire: vous n'allez pas lui disputer son bois pourri favori ou ses matières en décomposition adorées...).

On connaît actuellement plus de 1000 antibiotiques, mais les scientifiques en recherchent de nouveaux en permanence (vous saurez pourquoi au prochain chapitre, oui, celui sur l'évolution...).

Seul "défaut" des antibiotiques: ces molécules n'ont aucune activité sur les virus puisque ni les champignons, ni les bactéries n'ont eu à se protéger des virus qui affectent les humains... (Vous savez donc maintenant pourquoi il n'y a pas de remèdes, hormis la vaccination, pour de nombreuses maladies à virus, comme le rhume, la grippe ou, plus grave, mais heureusement moins fréquent, le SIDA.

Contexte historique

La découverte accidentelle du premier antibiotique, la pénicilline.

En 1929, le Dr Fleming, brillant médecin, cultive des bactéries sur de la gélatine, dans une boite. C'est un travail de routine, que l'on réalise près d'une flamme, de façon à ce qu'aucune des bactéries présentes dans l'air ne puisse entrer dans la boite et se développer à la place de la bactérie que l'on veut cultiver.

Fleming "ensemence" plusieurs boites, mais dans l'une d'elle se glisse, invisible, une spore de champignon. Quelques jours plus tard, le 3 septembre 1928, de retour de vacance, Fleming constate que la moisissure s'est développée, et qu'autour d'elle il n'y a pas de bactéries, contrairement à ce qui est visible dans les autres boites. Il en déduit que la moisissure fabrique un produit qui tue les bactéries. Comme le champignon appartenait à l'espèce pénicillium, il nomme ce produit pénicilline et essaie de l'extraire de la moisissure pour en faire un médicament.

Toutefois, Fleming n'est pas chimiste et il ne parvient pas à obtenir assez de produit purifié. Ce n'est qu'en 1941 que H. Florey et B. Chain parviennent à purifier la molécule , permettant de la produire en grande quantité. Fleming s'occupera alors de la mise au point et de l'adaptation du médicament.

Produite en grande quantité en 1943, elle permit de sauver de nombreux soldats alliés pendant la Seconde Guerre mondiale.

 Hasard et découverte

l'histoire de Fleming illustre bien le fait que de nombreuses découvertes scientifiques ont été accomplies par hasard. Toutefois, la chance n'est pas suffisante, et ce hasard a été exploité, questionné par les scientifiques. Comme le disait Pasteur (notre super-héros favori, que le hasard a aussi bien servi): *"le hasard ne favorise que les esprits préparés"*. Le sens de l'observation permet de remarquer des événements qui arrivent par hasard, mais l'esprit scientifique qui conduit à se poser des questions et à rechercher avec logique, réflexion et expériences les réponses est indispensable pour passer de la simple remarque à une possible découverte scientifique.



Rule britannia

Quelques traductions de termes de ce chapitre, pour vos recherches éventuelles sur internet...
ganglion lymphatique: lymph node
leucocyte: leukocyte
SIDA: AIDS
rate: spleen
anticorps: antibody
Lymphocytes B et T: B cell, T cell, mais on dit aussi, comme en français, lymphocyte.
bactéries: bacteria, mais champignons: fungii

Le système immunitaire peut réagir de façon insuffisante (SIDA) ou excessive (allergies)

<u>1 Le HIV, virus qui infecte les lymphocytes T, provoque une immunodéficience, le SIDA</u>

Au cours de l'été 1981, des médecins américains ont signalé l'apparition de maladies rares chez de jeunes hommes robustes. Ces maladies (infections pulmonaires, cancers de la peau, gonflement généralisé et infection des ganglions....) n'étaient alors connues que chez des personnes dont le système immunitaire était détruit à la suite d'un cancer ou parce que l'on préparait une greffe d'organes. Cette affection provoquait rapidement un affaiblissement et des infections si graves qu'elles devenaient mortelles. Très rapidement, de nouveaux malades furent identifiés partout dans le monde. La contamination se faisait par voie sanguine (seringue des toxicomanes, transfusions sanguines à l'époque) ou sexuelle (touchant aussi bien les hommes que les femmes).

Le virus, d'origine africaine où il infecte, mais ans provoquer de maladie, certains singes, fut identifié en 1984 par deux équipes de chercheurs qui se firent une concurrence féroce (une équipe française, celle du Pr Montagnier, et une équipe américaine, celle de R. Gallo).

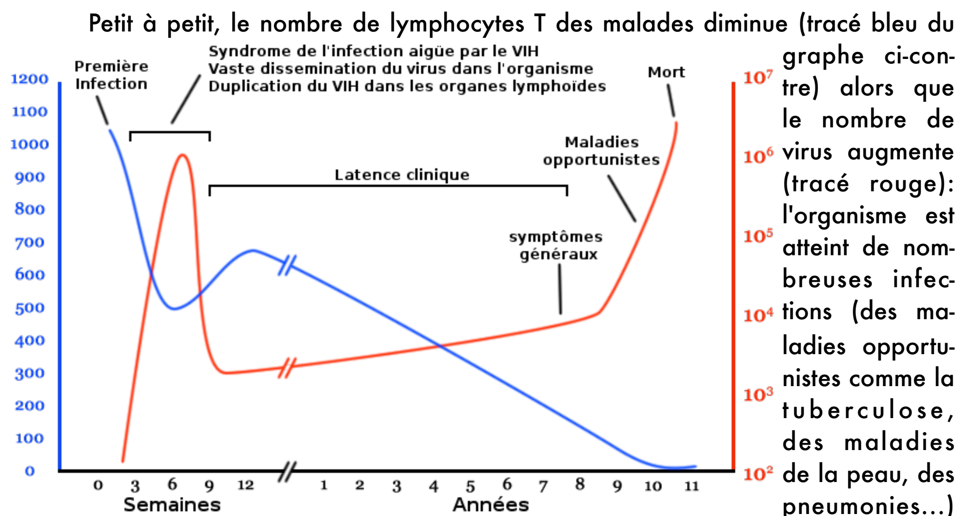
Les symptômes des malades pouvaient s'expliquer s'ils n'avaient plus de lymphocytes T. Le dosage des lymphocytes T dans leur sang confirma une diminution, d'abord lente puis catastrophique, du nombre de leurs lymphocytes T (tracé bleu du graphe).

En effet, le virus du SIDA, le HIV, parasite, attaque et détruit les lymphocytes T. L'organisme est donc moins bien défendu, et réagit en produisant des anticorps anti HIV (le malade est alors dit séropositif).

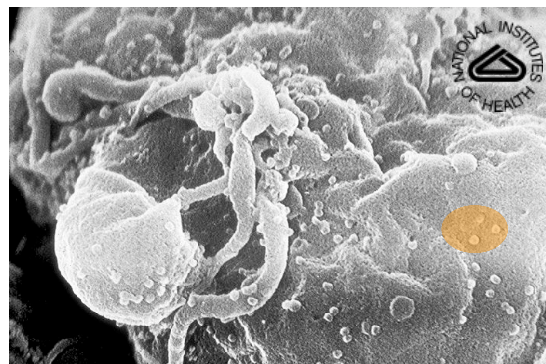
Le HIV se "cache" dans les lymphocytes T mais aussi dans d'autres cellules du système immunitaire (1). Il se transmet d'un individu à l'autre:

- par le sang (d'où la disponibilité de seringues jetables pour les toxicomanes, et le contrôle renforcé des transfusions sanguines)
- par le sperme et les sécrétions vaginales (d'où l'importance d'utiliser des préservatifs masculins ou féminins, qui empêchent la contamination)
- par le lait maternel (d'où la difficulté, en Afrique d'assurer à la fois l'alimentation correcte des nouveaux nés et leur protection contre la maladie)

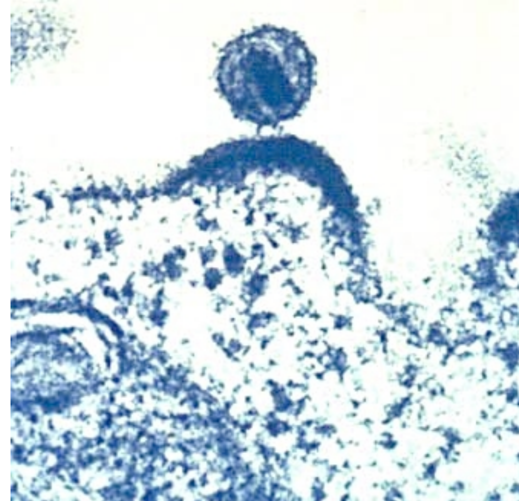
Petit à petit, le nombre de lymphocytes T des malades diminue (tracé bleu du graphe ci-contre) alors que le nombre de virus augmente (tracé rouge): l'organisme est atteint de nombreuses infections (des maladies opportunistes comme la tuberculose, des maladies de la peau, des pneumonies...) qui l'affaiblissent de plus en plus. On parle alors de SIDA déclaré.



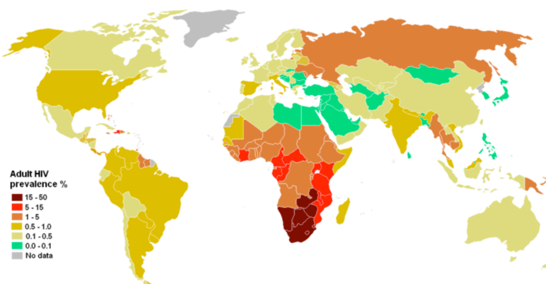
Actuellement, la maladie est le plus souvent fatale, mais des traitements permettent de prolonger considérablement la phase de séropositivité (durée de la "latence clinique" sur le schéma et de vivre de nombreuses années. Cette atteinte du système immunitaire est une immunodéficience (2).



Cette microphotographie montre des dizaines de virus du SIDA en train de sortir d'un lymphocyte T dont on ne voit qu'une partie. Les virus ressemblent à de petites verrues sur la surface du lymphocyte (l'ovale orange recouvre trois virus). Photo NIH, x 12000



Cette microphotographie permet de voir un virus du SIDA, de forme sphérique, en train de quitter un lymphocyte (cellule dont une partie est visible an bas de la photo). À l'intérieur du virus, on peut distinguer une structure rectangulaire qui protège et contient ses gènes photo NIH.



Cette carte montre l'extension de l'épidémie de SIDA en 2006. Les pays du sud de l'Afrique (marron foncé) sont les plus touchés avec entre 15 et 50% de la population séropositive (entre 5 et 15% pour les pays en rouge). Dans la plus grande partie de l'Europe, entre 0,1 et 0,5% de la population adulte est séropositive (entre 0,5 et 1% aux USA, en Amérique du Sud et en Inde).

<u>Carte grand format ici (UNAIDS/wikimedia)</u>

---

1 - Ainsi que dans d'autres types de cellules, par exemple certaines cellules du cerveau.

2 - il existe aussi des immunodéficiences causées par des maladies génétiques (pas de fabrication de lymphocytes) qui touchent des enfants que l'on doit protéger des infections dans une bulle de plastique stérile, avant traitement: ce sont les "enfants-bulles". Après une greffe d'organe, certains médicaments antirejet ont aussi pour but de créer une certaine immunodéficience.

2 Les allergies sont provoquées par des réactions exagérées du système immunitaire vis-à-vis d'Ag inoffensifs.

Dès que les techniques de vaccination se sont répandues, les chercheurs ont découvert, au début du 20e siècle, que parfois la seconde injection d'un Ag s'accompagnait de l'apparition très rapide d'une inflammation. Cette réaction étonnante constituait une autre façon de réagir (1), pour l'organisme, après une première rencontre avec un Ag. L'étude de cette réaction, l'allergie, s'est développée rapidement. En 1921, Le Dr Carl Prausnitz, qui ne souffrait pas d'allergie, s'injecta dans la peau de l'avant-bras du sérum provenant d'un de ses collaborateurs, Kustner, qui était allergique au poisson. Le lendemain, il s'injecta dans la peau, au même endroit, un extrait de poisson et observa qu'il avait alors une réaction inflammatoire locale: il avait réussi à "transférer", pour quelque temps seulement, l'allergie de son collaborateur. Comme il avait utilisé du sérum (et que vous avez bien lu les chapitres précédents), vous avez compris que cette réaction allergique est causée par des molécules présentes dans le sérum, en fait par des anticorps (ce qui ne sera démontré que 45 ans plus tard, par un couple de chercheurs, M et Mme Ishizaka, et le suédois Johanson).

Il arrive donc que le système immunitaire considère des molécules inoffensives, très communes (portées par les pollens ou contenues dans certains aliments par exemple) comme des Ag dangereux. Cette erreur cause des allergies (2). Ces maladies sont très répandues puisque les médecins ont établi qu'un enfant sur cinq présente une allergie (un même individu peut souffrir de plusieurs allergies différentes).

Le paragraphe qui suit pose problème. Il est "hors programme", lequel dit seulement que vous devez savoir que "le système immunitaire peu fonctionner de manière excessive et donner lieu à des allergies". C'est un peu court, et même si cela se comprend pour le prof qui n'a pas le temps de tout faire, nous sommes ici dans un manuel, pas en cours. On peut donc aller un peu plus loin. Alors, essayons d'expliquer simplement les choses, vous pouvez sauter cette explication (en bleu) si vous êtes pressés ou paresseux.



Chez les individus allergiques, le premier contact avec certains antigènes (que l'on nomme les allergènes) passe inaperçu. En fait, il provoque dans l'organisme une production d'Anticorps. Jusque-là, rien de surprenant (si ce n'est que les allergènes ne représentent aucun "danger" pour l'organisme) mais les Ac produits ont une particularité: ce sont ceux qui "normalement" défendent l'organisme contre les parasites, ils ne vont pas disparaître simplement, mais vont s'accrocher à la paroi de certains leucocytes (3) qui vont devenir ainsi "sensibles" à l'allergène. Si un deuxième contact se produit avec l'allergène, ces cellules (que l'on trouve au niveau des muqueuses, pas exemple) vont libérer une grande quantité d'une molécule, l'histamine (4) qui va à son tour provoquer une inflammation locale.

L'inflammation provoquée par l'allergie se développe en quelques min au niveau de la zone qui est entrée en contact avec l'allergène. Elle peut se révéler très gênante (sur la peau - eczéma), voire parfois mortelle (au niveau des voies respiratoires qui se bouchent - asthme).
Pour découvrir ou vérifier si une personne est allergique, on dépose sur sa peau une très faible quantité des allergènes les plus courants avant de réaliser une légère piqûre, et l'on observe au bout de quelques dizaines de minutes sa réaction (5). Si une inflammation se développe, il y a allergie à la substance testée.

Différentes molécules (voir 4) permettent d'éviter ou de limiter ces "chocs" dangereux, mais la qualité de vie des personnes allergiques est encore souvent dégradée (les allergies étant assez répandues, il est très probable qu'il y a dans votre classe au moins un élève qui souffre d'allergie et ne peut pas, par exemple manger certains aliments). Les allergies sont en rapport avec l'hérédité (55% de risque si les deux parents sont allergiques), le comportement de la mère (fumer multiplie par deux les risques d'allergies pour le futur enfant) mais aussi avec l'alimentation du très jeune enfant (qui ne doit pas recevoir trop vite trop d'aliments différents).

1 - D'où le nom "allergie", qui signifie "autre façon de réagir" (en grec...), proposé par Von Pirquet en 1911.
2 - Il existe en fait quatre types d'allergies différentes, on ne va parler que de la plus répandue (c'est assez compliqué comme ça, non ?)
3 - Ces cellules portent le doux nom de mastocytes. Si avec tout ce vocabulaire vous n'améliorez pas votre score au Scrabble, c'est à désespérer! À cause de cette liaison, ces Ac sont présents en très faible quantité dans le sang, ce qui a rendu leur découverte difficile!
4 - D'où le nom des médicaments que vous connaissez si vous souffrez d'une allergie: on les appelle des antihistaminiques...
5 - inflammatoire! Donc douleur, rougeur, chaleur, gonflement et même démangeaison (ça gratte!)



Réalisation d'un test de sensibilité à différents allergènes. Photo NIH.



Résultat d'un test de sensibilité. Une trentaine d'allergènes différents ont été testé, plus deux témoins (un toujours négatif et un toujours positif). Plusieurs des allergènes appliqués sur le côté droit de l'avant-bras ont donné une réaction positive, signalant une allergie. Photo W. Ihloff



Des sites pour aller plus loin..

sida info service (on y trouve de tout)
Allergique.org: informations générales, nouveautés, humour...
les greffes d'organes: tous le monde peut, hélas, être concerné
Animations: une allergie aux acariens, la vaccination, le système immunitaire, (en français)
Des images et des films, mais en anglais

Résumé : Le HIV est un virus qui pénètre le corps par voie sanguine ou sexuelle et parasite les lymphocytes T. Il va lentement dégrader le système immunitaire, provoquant une immunodéficience, situation dans laquelle l'organisme ne peut plus se défendre efficacement contre les infections et finit par succomber.
Il arrive aussi que la réponse du système immunitaire soit disproportionnée et dirigée contre des antigènes inoffensifs: c'est le phénomène de l'allergie, qui peut provoquer une réaction inflammatoire locale ou généralisée parfois mortelle.

Questions

1/Qu'est-ce qu'un anticorps ?
2/Qu'est-ce qu'un antigène ?
3/Pourquoi la deuxième rencontre avec un antigène provoque t'elle une réponse différente de celle réalisée lors du premier contact avec ce même antigène ?
4/Où sont situés les leucocytes ?
5/Quels sont les composantes de la réaction inflammatoire ? Par quoi sont ils, essentiellement, provoqués ?
6/Qu'est-ce qu'un allergène ?
7/ Pourquoi les antibiotiques sont-ils inutiles contre les virus ?
8/ Comment agissent les macrophages ?
9/Quelles sont les différences entre les lymphocytes T et les lymphocytes B ?
10/ De quelle façon les anticorps réagissent-ils avec les antigènes ?

Colles

1/Présenter sur un schéma titré et légendé les défenses spécifiques de l'organisme
2/Présentez et comparez dans un tableau les différentes cellules qui interviennent dans la défense de l'organisme.?


National Institute of Allergy and Infectious Diseases

3/Le logo ci-contre est celui de l'institut national américain des allergies et des maladies infectieuses (causées par des micro-organismes). Quel rapport pouvez-vous établir entre ce que représente ce logo et cette société ?

Exercices

1 - De re medica (4 pts)

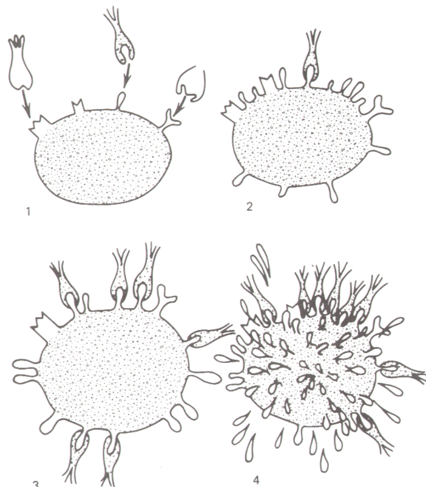
Il y a plus de 2000 ans, le médecin romain Celsus décrivait en détail pour la première fois une réaction de l'organisme caractérisée par ces quatre éléments: "rubor, tumor, calor et dolor".

11 Même sans connaître le latin, donnez le nom de cette réaction et expliquez votre réponse.

12 Les piqûres d'insectes (guêpes, abeilles) ne représentent pas de danger particulier, mise à part la douleur qu'elles provoquent, sauf si elles se produisent dans la bouche ou la gorge. Expliquez pourquoi les piqûres peuvent avoir de graves conséquences si elles se produisent au niveau de ces organes.

2 - Les intuitions du bon Dr Ehrlich (7 pts)

En 1890, le Dr Ehrlich représente sur le schéma ci-contre ses idées sur la façon dont les anticorps sont formés. Les Antigènes sont mobiles et représentés en haut du schéma 1. Une cellule quelconque est représentée en gris. La cellule va réagir contre l'Ag central du schéma 1.



21 - Donner un titre à ce schéma

22 - Rédiger un commentaire décrivant, comme aurait pu le faire Ehrlich, ce qui est illustré par ces schémas.

23 - Les intuitions d'Ehrlich étaient parfois correctes, mais parfois aussi n'ont pas été confirmées par la suite. Vous présenterez dans un tableau les idées correctes et celles qui ont été précisées ou qui se sont révélées fausses.

3 Nosferatu (6 pts)

Dès l'antiquité, les humains se sont rendu compte qu'une forte perte de sang entraînait la mort. Pour l'éviter, ils ont essayé de "redonner" du sang à un blessé qui en avait trop perdu. Des essais ont été faits avec du sang provenant de divers animaux. Tous ont échoué, le receveur de sang (de taureau, de tigre, de chèvre...) mourant alors très rapidement. Si l'on donnait du sang en provenance d'un humain, le plus souvent le résultat était le même, mais parfois, celui qui recevait le sang pouvait être sauvé. Il fallut attendre 1773 pour que Landois et Muller montre que le mélange de sang animal et humain formait des petits paquets, des granulations visibles à l'oeil nu.

31 - pourquoi les résultats de ces premières transfusions étaient-ils si mauvais ?

32 - Essayez d'expliquer pourquoi il se forme des petits paquets lorsque l'on mélange deux sangs provenant d'individus d'espèces différentes.

33 - Si l'on mélange deux gouttes de sang provenant de deux êtres humains, peut on observer la formation de ces "grumeaux" de sang ? Justifier votre réponse.

4 - Des greffes étranges. (5 pts)

Vous qui avez bien étudié les chapitres précédents, vous savez que si l'on greffe un organe d'un individu (choisi au hasard) sur un autre, le nouvel organe est détruit en une dizaine de jours : c'est un rejet de la greffe.

Pourtant, les premiers médecins à essayer de comprendre ce phénomène découvrirent que certains organes pouvaient être greffés sans rejet : la cornée de l'oeil* ainsi que le cartilage des os n'étaient que très rarement rejetés. Ces deux éléments ont pour point commun de ne pas être vascularisés, c'est-à-dire qu'ils ne contiennent pas, normalement, de vaisseaux sanguins ou lymphatiques, et que ces derniers ne s'y développent pas après la greffe.

41 - présenter une hypothèse permettant d'expliquer pourquoi cartilage et cornée ne sont pas rejetés

42 - Il existe une autre situation ou, cette fois, les greffes de tous les organes sont acceptées sans rejet: il s'agit des greffes entre deux vrais jumeaux. Expliquez pourquoi, dans ce cas particulier, il ne se produit pas de rejet.

5 Les observations de sir Mac Farlane

Médecin et philosophe, Franck Mac Farlane était intrigué, vers 1950, par les résultats d'expériences anciennes qu'il était arrivé à reproduire, mais qu'il ne pouvait expliquer (*). Les observations qu'il avait réalisées étaient les suivantes:

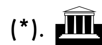
A/ Si il provoquait une infection sur un embryon de poulet (très utilisé, car facile à manipuler dans un oeuf, pour peu que l'on travaille avec précaution), il n'observait aucune réaction de défense: pas de production d'anticorps, par exemple.

B/ S'il provoque une infection (non mortelle!) sur un embryon de souris avec, par exemple, un virus V, la souris une fois née ne fabriquera jamais d'anticorps dirigés contre les Ag du virus V qu'elle gardera dans ses cellules toute sa vie.

51 - Proposez une hypothèse permettant d'expliquer l'observation A

52 - L'observation B confirme t'elle votre hypothèse de départ ? Expliquez pourquoi. (si votre hypothèse n'est pas confirmée, donnez-en une qui sera compatible avec les deux observations)

53 - Quelles sont les cellules qui devraient fabriquer les Ac contre le virus V ?

(*).  *En sciences, il arrive souvent que l'on reproduise d'anciennes expériences qui étaient mal comprises de façon a pouvoir les étudier avec des moyens plus modernes, à y réfléchir avec de nouvelles idées et pour en tirer de nouvelles connaissances.*

6 Changeons de peau avec sir Peter Medawar (8 pts)

Lorsque P. Medawar a connaissance des expériences et des idées de Mc Farlane, il essaye de les confirmer au moyen de sa technique favorite: les greffes de peau. Zoologiste, Medawar réalise plusieurs greffes de peau chez des souris. Il utilise deux “lignées” différentes de souris (autrement dit des souris de “familles” différentes, que nous nommerons A et B). Il réalise les expériences et observations suivantes:

a - Une greffe de peau de A sur une souris B adulte est rejetée

b - une greffe de peau de A sur une souris nouveau né B n'est pas rejetée.

c- lorsque le souriceau B qui a reçu la greffe est devenu adulte, il accepte toute greffe de peau de A (mais rejette les greffes provenant d'autres lignées de souris)

d - On obtient les mêmes résultats que c (greffe provenant de A tolérée toute la vie de la souris) si, au lieu de greffer de la peau de A sur le souriceau B, on injecte dans le souriceau des cellules provenant de la rate de la souris A

61 - Les observations a et b confirment elles les découvertes de Mac Farlane (exercice 5) ? Expliquer votre raisonnement

62 - Proposer une hypothèse, mettant en jeu des cellules du système immunitaire, permettant d'expliquer l'observation c

63 - L'observation d confirme t'elle votre hypothèse ? Si oui, expliquez pourquoi. Si non, reformulez une nouvelle hypothèse permettant d'expliquer à la fois les observations c et d. (*et oui, cet exercice est difficile, et alors ? Les exercices ne sont pas faits pour être résolus correctement, mais pour vous faire réfléchir et utiliser vos connaissances...*)

7 - horti-culture (4pts)

Bien avant les découvertes des zoologistes, les jardiniers réalisaient des greffes entre végétaux souvent différents. Ainsi, dès le 4e siècle, l'écrivain romain Paladius Rutilius décrit des greffes de pommier sur saule, de cerisier sur peuplier ou citronnier sur poirier. Toutefois, on ne peut pas greffer n'importe quel végétal sur un autre, et le plus souvent on réalise des greffes entre différentes espèces d'un même végétal (greffe d'une espèce de cerisier sur un autre, par exemple). Pour réaliser ces greffes, on dénude des morceaux de rameaux et de tronc avec un couteau préalablement désinfecté puis on les met en contact, en les serrant fortement et en les protégeant. Les tissus végétaux, en cicatrisant, de lient l'un à l'autre si la greffe “prend”.

71 - pourquoi utiliser un couteau désinfecté pour réaliser ces greffes ?

72 - la possibilité de réaliser ces greffes met en évidence une grande différence entre les systèmes immunitaires des végétaux et des animaux. Quelle est donc cette différence ? (vous expliquerez votre raisonnement)

8 Aux racines de Shakespeare (5 pts).

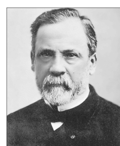
Britannicus, fils de l'empereur romain Claude (cela se passait vers l'an 40, facile à retenir!), ne pouvait pas monter sur un cheval sans qu'apparaissent sur sa peau des plaques rouges qui le démangeaient atrocement.

Richard III d'Angleterre, en 1483, ne pouvait pas manger de fraises sans que sa peau se couvre de boutons et de plaques rouges (ce brave homme utilisa cette particularité pour faire assassiner certains de ses ennemis en les accusant d'avoir voulu le tuer avec des fraises empoisonnées).

81- D'après les symptômes décrits, de quelle maladie souffraient Britannicus et Richard III ? Justifiez votre réponse en détaillant votre raisonnement.

82- Réaliser un diagramme montrant les réactions se déroulant dans l'organisme (au choix) de Richard III ou Britannicus et expliquant l'apparition des plaques rouges sur leur peau.

9 - Les aventures de super-Pasteur, sauveur du monde.



Résumé des épisodes précédents *Notre super-héros Louis Pasteur, après avoir démontré que les maladies sont causées par les microbes, a établi que les microbes sont des êtres vivants qui se reproduisent, et que l'on peut s'en protéger par des techniques d'asepsie qui vont révolutionner la médecine et la chirurgie. Chemin faisant, il a aussi découvert comment améliorer la bière, la conservation du vin et guérit les vers à soie.*

Dans les épisodes suivants, notre héros va maintenant affronter de redoutables maladies, ainsi que ses collègues, en cherchant à mettre au point des vaccins. Il ne sera pas seul: ne connaissant rien à la médecine, il a donc engagé trois jeunes médecins (Joubert, Roux et Chamberland) qui vont l'assister.

Tout commence lorsque Pasteur et ses assistants vont étudier un remède “miraculeux” contre le charbon: Pasteur constate alors qu'une vache malade du charbon, mais qui en guérit résiste ensuite à la maladie, même si on lui injecte directement une dose de bacilles capable d'en tuer plusieurs: la vache est immunisée... Pasteur alors se dit que, comme Jenner, il serait merveilleux de pouvoir récréer cette immunité artificiellement. Mais comment créer la maladie chez des individus sans que ce soit dangereux pour eux ?

91 Pasteur sauve les poules (4 pts)

En 1880, Pasteur étudie un microbe responsable d'une maladie mortelle de la volaille, le choléra des poules. Il cultive le microbe dans un bouillon de viande (de poule, évidemment). Régulièrement, lorsque les microbes se sont multipliés, il faut transvaser quelques gouttes de préparation dans un bouillon neuf *. Normalement, le choléra des poules est mortel en 24h. Un jour, pasteur fit injecter à deux poules quelques gouttes d'une culture de bactérie vielle de plusieurs semaines, juste pour voir si elles tombaient malades ou s'il ne restait plus aucun microbe vivant. Les poules furent légèrement malades, puis, ô surprise, se rétablirent très vite. Puis Pasteur et ses amis partirent en vacances** et à leur retour, il voulurent injecter le bacille à de nouvelles poules. Malheureusement, il ne restait de disponible que les deux rescapées. Complétant le lot avec deux poules achetées au dernier moment, Roux injecta aux animaux une dose mortelle de bacilles. Le lendemain, Roux et Chamberland trouvèrent Pasteur enthousiaste, il leur montra l'impensable: alors que les 2 poules achetées étaient raides mortes, les deux anciennes poules allaient et venait gaiement, on ne peut plus vivantes. Pasteur hurla de joie “vous comprenez ce que cela signifie” ?

Et vous, avez-vous compris ? Expliquez ce que montre l'observation de Pasteur (hasard) et proposez une hypothèse permettant d'expliquer la survie des poules (et la joie de Pasteur).

Quelle différence voyez-vous entre la méthode suivie par Jenner (voir page 9) et celle découverte par Pasteur ?

---

* Pour faire vivre les micro-organismes en dehors d'un être vivant, on leur apporte des nutriments et on les protège des autres micro-organismes. Les premiers milieux de culture des microbes étaient des morceaux d'organes (souvenez-vous du liquide d'oeil de boeuf utilisé par Koch) puis des bouillons ont été utilisés, comme le bouillon de poule de Pasteur. C'est de cette époque que date l'expression “bouillon de culture” pour désigner un milieu envahi par des bactéries.

** Beaucoup de découvertes scientifiques importantes ont été réalisées par des chercheurs à l'occasion de vacances! Souvenez-vous, par exemple, de Fleming. Il semble bien que sortir de son cadre de travail habituel, se détendre, se préparer à de nouvelles activités soit bénéfique pour l'esprit scientifique qui travaille ainsi plus librement et efficacement. Vous disposez donc maintenant de solides arguments pour réclamer des vacances!

92 Pasteur se plante ?

Pour expliquer l'origine de la protection qui apparaît après la maladie ou la vaccination, Pasteur, inspiré probablement par les bacilles du choléra qui avaient consommé tous les nutriments de leur bouillon, proposa l'hypothèse suivante:

Le vaccin (ou la première infection pour les survivants) consomme un produit présent dans l'organisme. Ce produit est indispensable à la multiplication du micro-organisme après un nouveau contact. Ne trouvant plus ce produit, le micro-organisme ne peut se développer, ce qui explique la protection constatée.

a- L'hypothèse de Pasteur s'est-elle révélée correcte ?

b- L'hypothèse de Pasteur était elle scientifique ? (réfléchissez sur ce que veut dire ce terme).

c- Quelle observation, quel fait expérimental que vous connaissez (mais que Pasteur ignorait à l'époque de son hypothèse) vous permet de critiquer son hypothèse ?

93 Pasteur sauve les moutons

Pasteur présenta sa découverte sur la vaccination des poules à une réunion de l'académie de Médecine où il ridiculisa les médecins de son époque. De plus, il critiquait aussi les vétérinaires et leurs remèdes inefficaces. Pour le piéger, le Dr Rossignol le mit au défi de réaliser une expérience publique prouvant l'efficacité d'un vaccin, mis au point par Pasteur et ses boys, contre la maladie du charbon (voir chapitre précédent). Pasteur vaccina 24 moutons, un bouc et quelques chevaux. 24 autres moutons, un autre bouc et d'autres chevaux ne furent pas vaccinés.

Le vaccin était constitué de bacilles du charbon cultivés en présence de produits* qui les tuaient presque: les bactéries étaient considérablement affaiblies (pour le vérifier, l'équipe de pasteur vérifiait si une dose de bacilles était capable de tuer une souris, puis un lapin: les lapins devaient survivre).

Le 31 mai 1881, 12 jours après une deuxième injection de vaccin, tous les animaux reçoivent une injection de bacille du charbon fraîchement cultivé. Le deux juin, tous les animaux vaccinés sont vivants. Les animaux non vaccinés sont morts, à l'exception de deux moutons dont l'un va mourir devant les journalistes, et l'autre ne passera pas la nuit. Le succès de Pasteur, qui avait invité à cette expérience des célébrités, des journalistes internationaux, des membres du gouvernement, est immense. Ses ennemis (comme Rossignol ou Biot, un célèbre vétérinaire, qui ne croyaient pas encore à l'importance des microbes dans les maladies) se rangent à ses côtés en retournant leur veste **. Avant cette expérience, Pasteur était un chimiste célèbre. Après, il devient une superstar, le rempart de l'humanité contre les maladies, *"un homme debout face à la scène grandiose d'un drame immortel"* ***. Peu après, en utilisant une méthode similaire, Pasteur et son équipe mettront au point un autre vaccin contre une maladie des porcs, le rouget.

a - Quelle était l'utilité des animaux non vaccinés ? (1 pts)

b - Pourquoi fallait-il affaiblir les bactéries pour réaliser le vaccin ? (3 pts)

c - Pourquoi vérifier que le vaccin n'était pas dangereux sur des lapins ? (2 pts)

d - Pourquoi avoir attendu une douzaine de jours avant d'injecter aux animaux les bactéries du charbon dangereuses ? (3 pts)

e - Il ne vous a pas échappé que Pasteur a fait réalisé 2 injections de vaccin, espacées de 12 jours, avant d'attendre encore pour injecter les bactéries mortelles. Pourquoi donc avoir réalisé une double vaccination, et pas une seule ? (4 pts)

---

* Pasteur affaiblissait les bactéries avec du dioxygène, ses collaborateurs avec un désinfectant. Pasteur utilisa le vaccin de ses collaborateurs en laissant penser qu'il s'agissait du sien, qui était bien moins efficace...

* * Attitude très commune en science: reconnaître ses erreurs est indispensable (protéger ses intérêts aussi...)

* ** Paul de Kruif, chasseur de microbes, ed. tatoo p. 209

94 - Pasteur contre la rage (exercice long!)

En 1881 la rage est une maladie relativement rare, mais toujours mortelle une fois déclarée. La maladie se transmet surtout par morsure d'un animal atteint (chiens, renards, loups...) et se manifeste par de l'anxiété, des hallucinations, des insomnies, des délires et une grande peur de l'eau, dont le contact provoque une sensation de brûlure. Parfois, une paralysie se développe.

a) D'après ces symptômes, à quelle partie de l'organisme cette maladie s'attaque t'elle ?

A la recherche du microbe à l'origine de la maladie, Pasteur remarque que les morsures ou l'injection sous la peau de lapins de salive de chien enragé ne transmettent la maladie que dans moins de 50% des cas. Observant la salive des chiens malades avec les meilleurs microscopes de son époque, Pasteur, après quelques erreurs, ne parvient pourtant pas à voir le micro-organisme responsable de la rage.

b) En liaison avec votre réponse à la question a, proposez une hypothèse permettant d'expliquer pourquoi la rage ne se transmet pas dans tous les cas aux animaux mordus ou recevant l'injection de salive.

c) Proposez une hypothèse expliquant pourquoi Pasteur n'arrive pas à voir le micro-organisme à l'origine de la rage.

Pasteur n'arrive pas à créer un bouillon, un milieu de culture permettant au microbe de la rage de vivre: il doit le faire circuler d'animal en animal. Pour cela, Roux met au point une technique où la salive d'un animal enragé est injectée directement dans le cerveau d'un autre animal. La transmission de la rage est alors inévitable. Pasteur et son équipe essayèrent "d'affaiblir" le microbe, pour créer un vaccin. Mais ici, impossible de laisser vieillir un bouillon de culture, et un animal une fois mort n'est pas utilisable... Alors, Pasteur eut l'idée de laisser vieillir les organes contenant le virus: il préleva la moelle épinière d'un lapin mort de la rage et la laissa se dessécher dans un flacon stérile pendant 2 semaines (un tableau célèbre représente pasteur tenant dans ces mains ce flacon, avec la moelle à l'intérieur). Puis Roux injecta un petit morceau de moelle, écrasée dans de l'eau stérile, dans le cerveau de plusieurs chiens. Aucun ne mourut.

d) Quelles déductions pouvez-vous faire du résultat de cette expérience ?

Travaillant mois après mois sans quitter quasiment leur laboratoire, l'équipe de Pasteur injecta aux chiens des morceaux de moelle épinière desséchée de moins en moins longtemps. Après 14 injections, 2 chiens reçurent une injection d'une grande quantité du micro-organisme de la rage, 2 autres chiens non vaccinés recevant la même injection. Un mois plus tard, les deux chiens vaccinés étaient bien portants, les deux autres mouraient en hurlant.

e) Pourquoi refaire la même injection à deux chiens non vaccinés ?

f) Quelles conclusions pouvez-vous tirer des résultats de cette expérience ?

g) Décrire, au niveau des leucocytes, ce qui s'est passé dans l'organisme des chiens vaccinés.

Lorsqu'une personne a été mordue par un animal enragé, il faut plusieurs semaines pour que les signes de la maladie apparaissent. Pasteur proposa de réaliser la vaccination pendant ce temps, pour prendre le microbe de vitesse.

h) Proposez une hypothèse (ou plusieurs, si vous le pouvez) expliquant le délai de plusieurs semaines entre la morsure et les symptômes de la maladie.

i) Pourquoi Pasteur n'a t'il tout simplement pas fait vacciner tous les chiens de France ? Où lancé une campagne pour vacciner tous les Français ?

j) Pour vérifier la possibilité d'une vaccination après morsure quelle expérience, en vous inspirant de celle de Pasteur, auriez-vous pu mettre au point ?

10 BB bulles (10 pts)

Le déficit immunitaire combiné sévère (DICS) est une maladie rare (2 enfants pour un million de naissances!) qui se manifeste dès les premiers mois de la vie par des infections bactériennes ou virales très fréquentes. Le DICS est lié à une absence de formation des lymphocytes.

Pour le soigner, on doit réaliser chez ces enfants une greffe de moelle osseuse. En attendant la greffe, un traitement médical va détruire ce qui leur reste de défenses immunitaires, ce qui implique de maintenir les enfants à l'abri des microbes, dans une "bulle" de plastique contenant de l'air filtré, stérile, et où tous les objets et vêtements ont été préalablement décontaminés.

10-1 Expliquez l'origine des symptômes de la maladie.

10-2 Pourquoi une greffe de moelle osseuse permet elle de guérir cette maladie ? (Cette greffe se réalise simplement en injectant dans le sang les cellules de la moelle du donneur, ces cellules vont toutes seules aller s'installer dans les os de l'enfant receveur).

10-3 Pourquoi est-il nécessaire, avant la greffe, de détruire ce qui reste du système de défense de l'enfant ? Tiens, au fait, quelles sont donc les cellules qui assurent la défense de l'enfant avant son traitement ?

10-4 Pourquoi ne peut-on pas utiliser, chez les enfants atteints de DICS, de vaccins réalisés à base de microbes affaiblis, mais vivants ?

11 Le retour de la coqueluche (4 pts)

Grâce à la vaccination, il n'y avait dans le milieu des années 1970 moins de 700 cas annuels de coqueluche (maladies respiratoires causées par une bactérie) aux USA. La rareté de cette maladie progressant, les médecins pensaient qu'elle aurait rapidement disparu. Malheureusement, depuis, le nombre de malades à augmenté et se situe annuellement, aux USA, autour de 7000. En France, 800 bébés sont hospitalisés chaque année pour coqueluche. Les jeunes adultes sont aussi touchés. En réaction, les autorités médicales ont décidé trois mesures principales:

- abaisser l'âge de la vaccination à 8 semaines après la naissance au lieu de 3 mois.
- recommander la vaccination (des rappels doivent être fait) pour les adultes en contact avec les bébés (dont les futurs parents)
- recommander un rappel vers l'âge de 12 ans.
-

D'après ces mesures et en utilisant vos connaissances, présenter une hypothèse permettant d'expliquer pourquoi cette maladie se répand de nouveau.

12 On l'appelle Murphy, James Murphy (9 pts)

Entre 1911 et 1926, le pathologiste (médecin spécialiste des maladies) James B Murphy, qui effectue des recherches sur le cancer, réalise une série d'expériences pour étudier le rejet des greffes. Il utilise des embryons de poulets et leur greffe une tumeur (masse de cellules cancéreuses) découverte par un de ses professeurs, Rous (ne pas confondre avec Roux, le disciple de Pasteur). Il constate que la tumeur se développe en même temps que l'embryon tant que l'embryon est âgé de moins de 18 jours. Ensuite, la tumeur est détruite. Par contre, si il implante sur l'embryon, à côté de la tumeur, un morceau de rate, de ganglion lymphatique ou même de moelle osseuse d'un poulet adulte, le rejet de la greffe est bien plus rapide.

12-1 Présenter une hypothèse expliquant pourquoi la tumeur n'est rejetée par l'embryon qu'après que ce dernier ait atteint 18 jours de développement.

12 -2 En utilisant vos (vastes!) connaissances, expliquez l'origine des phénomènes décrits et découverts par Murphy.

Murphy constate aussi qu'une augmentation de la production de lymphocytes facilite le rejet des greffes alors qu'une diminution du nombre de lymphocytes (obtenue par de fortes doses de rayons X) diminue fortement le rejet des greffes. Désireux de vérifier si les mêmes résultats sont obtenus avec une maladie plutôt qu'avec une tumeur, Murphy provoque une augmentation ou une diminution de la production de lymphocytes chez des souris auxquelles il transmet la tuberculose. Ses résultats confirment ceux qu'il a observés avec les tumeurs.

12-3 Quelle conclusion, relative au rôle des lymphocytes, pouvez-vous tirer des résultats des expériences de Murphy ?

12-4 - (question spéciale pour réfléchir, non notée): comment expliquer que les conclusions de Murphy soient restées totalement ignorées pendant un demi-siècle alors qu'il les avait publiés et que ses expériences étaient correctement réalisées ?

13 Un "cadeau" de Christophe Colomb (3 pts)

Lorsque Christophe Colomb et son équipage arrivèrent dans les caraïbes, puis, plus tard, en Amérique du sud, il fit "cadeau" aux habitants de la variole, de la grippe et de maladies sexuellement transmissibles variées: bactéries et virus avaient eux aussi fait le voyage à travers l'atlantique. Ces maladies furent à l'origine de grandes épidémies qui décimèrent les populations locales (les historiens estiment qu'il y eu plusieurs millions de morts; et dans certaines régions 95% de la population humaine disparut).

Présentez une hypothèse logique permettant d'expliquer pourquoi les populations d'Amérique du Sud souffrirent autant et aussi vite des maladies apportées par les explorateurs européens.

14 La guerre des mondes (2 pts)

En 1898, l'auteur britannique H.G. Wells fait paraître son roman la guerre des mondes dans lequel des extraterrestres venus de Mars ravagent l'Angleterre, anéantissant toute résistance humaine. A la fin du roman, les invincibles martiens meurent subitement. Voici l'explication donnée par Wells à cette mort subite:" *il n'y a pas, dans la planète Mars, la moindre bactérie, et dès que nos envahisseurs martiens arrivèrent, aussitôt qu'ils absorbèrent de la nourriture, nos alliés microscopiques se mirent à l'œuvre pour leur ruine.*"

L'explication de Wells vous semble t'elle plausible ? (vous expliquerez votre réponse).

15 Le vaccin de la mort qui tue (7 pts)

En 1886, Jules Rouyer, un enfant, décède vingt-quatre jours après sa vaccination contre la rage réalisée au moyen du vaccin "Pasteur". Le père de l'enfant porte plainte, et l'autopsie montre que l'enfant est mort de la rage. Plus tard, d'autres cas similaires, mais toujours rares, vont amener les médecins à utiliser un nouveau vaccin contre la rage qui ne présente pas ce danger potentiel.

1) Comment cet enfant a t'il pu attraper la rage à partir du vaccin (proposer une hypothèse logique, plausible et correctement rédigée).
2) Epilogue: Le rapport du médecin légiste (cela a été découvert bien plus tard) ne confirme pas que l'enfant est mort de la rage. Ce médecin a déclaré : «Si je ne prends pas position en faveur du vaccin, c'est un recul immédiat de cinquante ans dans l'évolution de la science, il faut éviter cela!». Qu'est-ce qui pouvait expliquer son attitude, et comment la jugez-vous (vous ne serez pas noté sur cotre jugement, mais sur vos arguments). (3 pts)

Apprenez à bien rédiger

Corriger la phrase suivante, trouvée dans une copie d'élève qui a compris mais qui a de grosses difficultés avec l'orthographe (causé sans doute pas un abus de SMS en cours - vous allez comprendre pourquoi vos profs vous embêtent avec l'orthographe en vous disant sans cesse d'y faire attention...):

" Lé lain faux sites Bi fon D zanti core, lé lin faux sites Ti destroy lé sait lul à Normale. Ils travail + lan que Emma Krophage mais y son bcp + spé si fic é donc + Effy casse."

Traduisons

Metchnikov décrivit ainsi sa découverte:

"One day when the whole family had gone to the circus to see some extraordinary performing apes, I remained alone with my microsope, observing the life in the mobile cells of a transparent starfish larva, when a new thought suddenly flashed across my brain.

It struck me that similar cells might serve in the defense of the organism against intruders. (...) I said to myself that, if my supposition was true, a splinter introduced into the body of a starfish larva, devoid of blood vessels or of a nervous system, should soon be surrounded by mobile cells as is to be observed in the man who runs a splinter into his finger. This was no sooner said than done... I was too excited to sleep that night in the expectation of the results of my experiment, and very early the next morning I ascertained that it had fully succeeded. That experiment formed the basis of the phagocytic theory, to the development of which I devoted the next twenty-five years of my life."

Traduisez tout cela en bon français. Comment, c'est long ? Faignasse! Alors, essayez au moins de traduire le premier ou le second paragraphe, et vérifiez ensuite sur la correction... Petite nature, va!

Je vous aide avec un petit lexique de mots que vous ne devez peut-être pas connaître: *apes = singes; starfish = étoile de mer; brain = cerveau; splinter = épine; expectation = attente.*

Corrections

Questions

1/ Un anticorps est une molécule, fabriquée par un lymphocyte B, qui se fixe précisément sur une autre molécule, l'antigène, et va provoquer la destruction du porteur de l'antigène, qui se retrouve ainsi "marqué". Les Ac sont transportés par le sang.

2/ Un antigène est une molécule portée à la surface des micro-organismes, des cellules, ou libérées par ces dernières, et qui va provoquer une réaction du système immunitaire (le plus souvent, la fabrication d'anticorps spécifiques).

3/ Lors de la deuxième rencontre avec un antigène, il existe déjà dans l'organisme une "équipe" de lymphocytes spécifiques de cet antigène, les lymphocytes mémoire. Ces cellules vont se diviser rapidement et intensément, et donc produire une quantité d'anticorps, par exemple, bien plus importance que celle fabriquée au cours du premier contact avec l'antigène. De plus, cette production d'anticorps va durer également plus longtemps.

4/ Les leucocytes sont situés dans le sang et les organes lymphoïdes (moelle osseuse,ganglions et rate essentiellement, auxquels se rajoute le thymus chez le jeune).

5/ Les composantes de la réaction inflammatoire sont la douleur, la rougeur, la chaleur et le gonflement. Ces réactions sont essentiellement provoquées par une dilatation locale des vaisseaux sanguins.

6/ Un allergène est une molécule, un antigène capable de déclencher une réaction allergique.

7/ Les antibiotiques sont inutiles contre les virus, car ce sont des molécules fabriquées par des champignons ou des bactéries pour éviter la concurrence (pour la nourriture, le plus souvent) d'autres micro-organismes. Les virus ne faisant pas de concurrence alimentaire à ces organismes, les antibiotiques sont sur eux sans effet (pour plus de détails, voir le chapitre suivant sur l'évolution et ses mécanismes).

8/ Les macrophages agissent en englobant les corps étrangers (bactéries, débris, morceaux de cellules mortes...) à l'intérieur de leur cytoplasme puis en les digérant.

9/ Les lymphocytes T agissent au contact de cellules comportant des Ag anormaux (ils tuent ces cellules) alors que les lymphocytes B agissent à distance en fabriquant de grandes quantités d'anticorps spécifiques des Ag à combattre. De plus, les lymphocytes T proviennent de cellules qui ont subi une sélection dans le thymus.

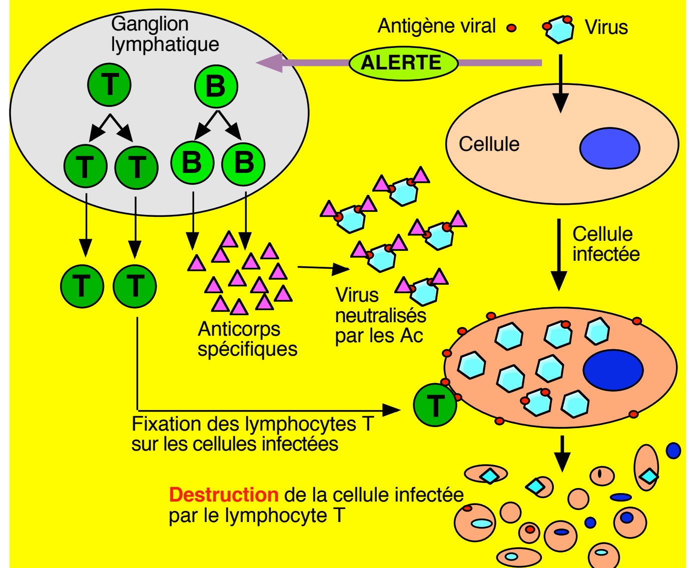
10/ Les Ac se fixant sur les Ag en s'emboîtant sur ces derniers. En effet, la forme de l'extrémité d'un Ac est complémentaire de la forme d'une molécule d'Ag (comme une clé avec une serrure).

Colles

1/Vous devez présenter sur un schéma les défenses spécifiques de l'organisme. Le titre de votre schéma vient donc tout seul: les défenses spécifiques de l'organisme (quelle imagination, hein ?). Que doit-on voir dessus? Ben, ces fameuses défenses spécifiques, qui sont constituées par (oui, vous avez révisé, je sais) les deux types de lymphocytes. Dès lors, votre schéma devra présenter l'action de ces cellules (*retenez ceci: votre schéma doit correspondre à son titre, comme le titre d'un film correspond à son contenu: si vous allez voir au cinéma "ultimate ninja contre les moutons mutants carnivores", vous vous attendez à voir dans le film des ninjas et des moutons aux dents longues, sinon vous allez être furieux. De la même façon, votre schéma devra montrer ces cellules et rappeler pourquoi elles sont spécifiques et défendent l'organisme*). Un exemple de résultat:

LES DÉFENSES SPÉCIFIQUES DE L'ORGANISME

commentaire:



Commentaire: *Lorsque des virus infectent des cellules, plusieurs cellules du système immunitaire (dont les macrophages) alertent les lymphocytes B et T des ganglions. Les lymphocytes B et T spécifiques au virus se multiplient, faisant gonfler les ganglions. Les lymphocytes B vont fabriquer des Ac spécifiques qui, en se fixant sur les Ag viraux, vont permettre de neutraliser les virus libres. Les lymphocytes T vont se déplacer et vont détruire spécifiquement, par contact, les cellules infectées par le virus, empêchant celui-ci de se cacher et de se multiplier dans les cellules. L'infection virale sera ainsi, la plupart du temps, stoppée.*

2/Vous devez "Présenter et comparer" les différentes cellules immunitaires, votre tableau doit donc résumer leurs principales caractéristiques et permettre leur comparaison. Le plus simple est de lister

les caractéristiques dans la première colonne, et de consacrer une colonne à chaque type de cellules. Ce qui doit donner à votre tableau cet aspect:

Cellules	Macrophage	Lymphocyte B	Lymphocyte T
Origine	moelle osseuse		
intervention	rapide (inflammation)	lente	
spécifique	non	oui	
mode d'action	phagocytose (digestion des intrus)	production d'anticorps spécifiques	élimination des cellules aux Ag anormaux par contact
production de cellules mémoires	non	oui	



3/Ce logo est constitué d'une espèce de Y dédoublé sur un fond noir. Qu'est-ce qui est souvent représenté avec une forme en Y et qui est en rapport avec les allergies et les maladies infectieuses ? La réponse vient immédiatement: un anticorps. Ce logo symbolise donc un Ac, ces molécules étant impliquées à la fois dans la lutte contre les infections et dans l'apparition de l'allergie.

Remarque: *La forme en Y est la forme réelle de la majorité des Ac. Il en existe toutefois d'autres, comportant par exemple plusieurs "Y" reliés entre eux. Le Y est représenté dédoublé, car une molécule d'Ac comporte 4 parties, deux longues, au centre, et deux plus courtes sur les côtés. Mais cela, tout de même, vous ne pouviez pas le deviner.*

 en Sciences, toute réponse n'est que provisoire...

Exercices *(j'ai coloré les mots qui signalent que l'on a bien affaire à un raisonnement de type scientifique).*

1 - De re medica

11 "Rubor, tumor, calor et dolor". De quoi parlait Celsus ? Voyons, une réaction de l'organisme en 4 éléments... Un élément s'appelle "dolor, ce qui ressemble pas mal à douleur, non? Y a t'il un mot qui ressemblerait à chaleur ? Calor, peut-être ? Mais alors, ce ne peut être que la réaction inflammatoire ! En effet, cette dernière est bien une réaction de l'organisme à une agression; avec pour signes rougeur, chaleur, gonflement et douleur. Celsus a donc décrit pour la première fois la réaction inflammatoire.

12 Les piqûres d'insectes peuvent avoir de graves conséquences si elles se produisent au niveau de la bouche ou de la gorge, car elles vont provoquer à ce niveau une réaction inflammatoire. Si la rougeur et la chaleur ne sont pas dangereuses (et la douleur non plus, même si elle est désagréable), il n'en est pas de même pour le gonflement, qui pourrait aboutir à une fermeture des voies respiratoires, la gorge enflée bouchant la trachée et ne permettant plus la respiration.

2- Les intuitions du bon Dr Ehrlich (7 pts)

21 Le commentaire vous précise que *" le Dr Ehrlich représente sur le schéma ci-contre ses idées sur la façon dont les anticorps sont formés."* Un titre correct pourrait donc être: fabrication d'anticorps par une cellule.

22 Pour rédiger un commentaire, vous observez le schéma (remarquez les petits numéros et utilisez-les) sans avant à décrire précisément ce que l'on voit (il y a le schéma). Votre but est d'éclaircir, de compléter les images, pas de les remplacer (où alors, inutile de faire un schéma!).
Voici un exemple de commentaire: *les Ag sont capables de se fixer à la surface des cellules, sur leur membrane (1). Ils s'emboîtent sur les Ac présents à la surface de la cellule (2). Lorsque la cellule a détecté plusieurs Ag (3), ce qui est le signe d'une infection, elle fabrique ensuite une grande quantité d'Ac qui se détachent de sa surface (4) et vont se fixer sur les Ag.*

23 Ici la demande est simple: un tableau avec les bonnes et les "mauvaises" idées. Donc, deux colonnes suffisent:

idées correctes	Erreurs ou mauvaise conception
Les Ac s'emboîtent sur les Ag. Les Ac sont fabriqués en grande quantité par des cellules en cas d'infection.	Toutes les cellules sont capables de fabriquer des Ac (seuls les lymphocytes B les fabriquent). Les Ag ne sont pas toujours "libres" et peuvent être attachés aux micro-organismes

3 Nosferatu (6 pts)

31 - Les résultats des premières transfusions étaient mauvais, car les globules rouges et les leucocytes apportés n'étaient pas identiques à ceux du receveur: ils ne portaient pas les mêmes Ag, et le sang donné contenait de nouveaux Ac. Les Ac du receveur se fixaient donc sur les hématies et les leucocytes du donneur pour les détruire, et le sang transfusé ne servait à rien (et les débris des cellules mortes, en plus, bouchaient les vaisseaux...

32 Si les espèces sont différentes, alors les Ag sont très différents. Les Ac du receveur vont s'attacher sur les Ag du donneur. À cause des Ac qui s'accrochent à eux, les hématies peuvent devenir "collantes" et s'accrocher, par les Ac, à d'autres cellules, ce qui forme des paquets.

33 Pour répondre, il faut distinguer deux cas différents (et avoir étudié le chapitre précédent pour savoir ce qu'est un groupe sanguin, mais bien entendu, vous l'avez fait, non ? Une petite révision peut s'imposer...).
- Si les deux êtres humains sont du même groupe sanguin, cela signifie que leurs cellules sanguines possèdent les mêmes Âg. Il n'y aura pas alors de réaction des Ac contre les nouvelles cellules sanguines, puisqu'elles sont identiques à celle du receveur. La transfusion est alors possible.
- Si les deux êtres humains ne sont pas du même groupe sanguin, leurs Ag sont différents, et les nouvelles cellules sanguines seront "reconnues" comme étrangères et détruites. La transfusion n'est donc pas possible dans ce cas. Comme la destruction des cellules sanguines va provoquer la formation de "grumeaux" dans le sang (question précédente), alors on pourra observer chez ces humains la formation de ces minuscules grumeaux.

Remarque: La transfusion sanguine est donc, en fait, une greffe de sang, et si les Ag des cellules ne sont pas identiques, il se produit un rejet. La particularité de ce rejet est sa rapidité, les Ac étant déjà présents dans le sang.

4 - Des greffes étranges. (5 pts)

41 - Pourquoi du cartilage ou une cornée greffée ne sont pas rejetées ? Pour élaborer votre hypothèse, il vous faut vous baser sur les informations données. Quelle est la particularité de ces deux organes ? Ils ne sont pas vascularisés. On peut donc proposer l'hypothèse suivante:

Le cartilage et la cornée ne sont pas rejetés, car ce sont les lymphocytes T qui provoquent le rejet, et ces cellules voyagent dans le sang et les vaisseaux lymphatiques. Comme le cartilage et la cornée ne contiennent pas de vaisseaux sanguins ou lymphatiques, les lymphocytes T ne peuvent pas arriver jusqu'à ces organes et ils ne sont pas rejetés.

Vous pouvez aussi faire d'autres hypothèses tout aussi valables, sans pour autant utiliser les informations de l'énoncé, mais, souvent, celles-ci ne sont pas anodines. Toutefois, si votre hypothèse est, par exemple que *la cornée et le cartilage ne sont peut être pas composés de cellules et donc ne peuvent pas être rejetés par les lymphocytes T faute de cellules à tuer* : votre réponse sera correcte, car votre hypothèse est logique.

42 - Deux vrais jumeaux sont deux individus biologiquement identiques, provenant d'une même cellule oeuf (je l'excuse de le rappeler, je sais que vous avez étudié consciencieusement la partie génétique de ce manuel, mais on ne sait jamais, il existe des lecteurs moins attentifs que vous - oui, c'est possible). Comme ces deux individus proviennent de la même cellule, ils portent les mêmes Ag. Leurs lymphocytes T sont donc identiques, et acceptent et rejettent les mêmes cellules. Tous les organes des jumeaux sont donc identiques, et comme ils portent des Ag identiques, ils seront acceptés par le système immunitaire de chacun des jumeaux comme s'ils faisaient partie d'un seul et même corps. Il n'y a donc pas de rejet.

5 Les observations de sir Mac Farlane

Médecin et philosophe, Franck Mac Farlane était intrigué, vers 1950, par les résultats d'expériences anciennes qu'il était arrivé à reproduire, mais qu'il ne pouvait expliquer (*). Les observations qu'il avait réalisées étaient les suivantes:

A/ Si il provoquait une infection sur un embryon de poulet (très utilisé, car facile à manipuler dans un oeuf, pour peu que l'on travail avec précaution), il n'observait aucune réaction de défense: pas de production d'anticorps, par exemple.

B/ S'il provoque une infection (non mortelle!) sur un embryon de souris avec, par exemple, un virus V, la souris une fois née ne fabriquera jamais d'anticorps dirigés contre les Ag du virus V qu'elle gardera dans ses cellules toute sa vie.

51 - Il est possible de proposer plusieurs hypothèses expliquant pourquoi un embryon de poulet ne produit pas d'Ac lors d'une infection:

On peut supposer que, contrairement aux mammifères, les oiseaux ne fabriquent pas d'Ac (ce n'est pas une très bonne hypothèse, vu que nous savons déjà qu'il existe des maladies touchant les oiseaux, comme le choléra des Poules...).

On peut supposer que la réponse aux infections des oiseaux est différente de celle des mammifères: peut-être est-elle simplement beaucoup plus lente.

On peut aussi penser que l'embryon n'est pas encore assez formé, assez âgé pour avoir fabriqué ses lymphocytes et ses macrophages.

52 - L'observation B montre qu'une souris ne fabrique pas d'anticorps contre les Ag d'un virus qu'elle a connu lorsqu'elle n'était qu'un embryon.

On se retrouve donc ici avec une absence de réponse immunitaire lors d'un contact entre micro-organisme et embryon, comme dans l'observation A. Donc toutes nos hypothèses basées sur la différence entre oiseaux et mammifères sont donc à rejeter.

Réfléchissons, par contre, à notre dernière hypothèse: si l'embryon n'a pas encore formé ses lymphocytes, lorsque ces cellules vont apparaître elles vont être en présence des Ag de la souris, mais aussi des Ag du virus V. Les lymphocytes n'ont aucun moyen de "savoir" à ce moment-là que les Ag du virus n'appartiennent pas à la souris, car ils ne peuvent les "comparer" à rien (ils viennent de se former). Les lymphocytes du foetus de souris vont donc traiter les Ag du virus comme ceux de la souris, et le virus V sera "vu" comme faisant normalement partie de l'organisme. Cette explication, issue de notre hypothèse, la confirme puisqu'elle permet d'expliquer le phénomène constaté: les lymphocytes B ne fabriquent pas d'Ac contre le virus V car ce dernier est comptabilisé comme faisant parti de l'organisme sain, et ses Ag de virus sont comptés comme étant des Ag de souris, ne devant donc pas être combattus où rejetés.

53 - Les cellules qui devraient fabriquer les Ac contre le virus V sont les lymphocytes B de la souris.

La présence de cette question est un indice qui nous indique que notre raisonnement, basé sur les propriétés des lymphocytes, est probablement correct. Les concepteurs d'exercices laissent souvent ce genre d'indice pour aider; la preuve, c'est que je l'ai fait!

6 Changeons de peau avec sir Peter Medawar (8 pts)

Les observations suivantes:

a - Une greffe de peau de A sur une souris B adulte est rejetée

b - une greffe de peau de A sur une souris nouveau né B n'est pas rejetée.

c- lorsque le souriceau B qui a reçu la greffe est devenu adulte, il accepte toute greffe de peau de A (mais rejette les greffes provenant d'autres lignées de souris)

d - On obtient les mêmes résultats que c (greffe provenant de A tolérée toute la vie de la souris) si, au lieu de greffer de la peau de A sur le souriceau B, on injecte dans le souriceau des cellules provenant de la rate de la souris A

61 - L'observation a sert de témoin et confirme l'existence du phénomène de rejet des greffes chez la souris. L'observation intéressante est la tolérance du souriceau qui accepte une greffe qu'il rejette si il est adulte. Comme dans les résultats de Mac Farlane (cf. correction précédente), un animal très jeune ne semble pas réagir à la présence d'Ag "étrangers", que ces derniers proviennent d'un virus (Mac Farlane) ou de la peau d'un autre animal (c'est le cas ici). Nous avions déduit des expériences de Mac Farlane qu'un animal très jeune ne devait pas encore posséder de lymphocytes pleinement fonctionnels. L'absence de fabrication d'Ac montrait que les lymphocytes B n'étaient pas encore "prêts" à défendre l'organisme (voire même qu'ils étaient capables de prendre un virus présent pour une partie de l'organisme) alors que dans l'observation b, le rejet de greffe qui ne se produit pas laisse penser que les lymphocytes T (responsables du rejet) ne sont pas, eux, aussi, fonctionnels chez les nouveau-nés. Les observations a et b confirment donc bien les résultats de Mac Farlane.

62 - L'observation c nous apprend que le souriceau greffé va ensuite accepter, sa vie durant, les greffes de peau d'une autre souris (mais seulement de celle-là); Nous devons expliquer cela en terme de cellules. (*Ici, j'analyse simplement la question, c'est la première étape pour résoudre un exercice: rien de nouveau, mais je précise ce qui est demandé*).

Cette observation peut être reliée à celle de Mac Farlane, puisque pour lui une souris qui avait été infectée à l'état d'embryon par un virus ne fabriquait pas d'Ac contre ce virus ensuite. Nous avions rendu les lymphocytes B responsables. ici, on parle d'un rejet de greffe, il faut donc raisonner sur les lymphocytes T.

Nous avons vu que les lymphocytes T doivent faire un "séjour" dans le thymus pour apprendre à reconnaître les cellules de l'organisme (il ne faut pas qu'ils les tuent!). On peut donc supposer que puisque la greffe de peau a été réalisée très tôt, les lymphocytes T du souriceau ont "enregistré" les Ag de la peau étrangère comme faisant partie de l'organisme. Si cela a été fait, alors il est logique que la souris, plus tard, continue d'accepter la peau de la souris donneuse, puisque pour ses lymphocytes T cette peau possède des Ag qui sont reconnus comme appartenant à l'organisme.

Par contre, une autre peau greffée, reconnue comme étrangère, provoque toujours un rejet, ce qui confirme que la souris possède bien des lymphocytes T actifs.

63 - L'observation d confirme t'elle notre hypothèse ? Cette observation nous montre que pour que la peau d'un donneur soit acceptée, il suffit que l'on injecte dans le souriceau des cellules de la

rate du donneur. Essayons d'expliquer cela avec notre hypothèse de l'"enregistrement" des Ag par les lymphocytes T: les cellules de la rate du donneur portent les mêmes Ag que celles de sa peau. Les LT du souriceau, qui apprennent à reconnaître les Ag, les identifient comme faisant partie de l'organisme. Plus tard, lorsqu'ils rencontrent ces mêmes Ag sur la peau du donneur, ils ne réagissent donc pas. Notre hypothèse est donc confirmée par l'observation d.

Mais cet exercice est moins facile qu'il n'y parait: ce n'est pas parce que notre hypothèse semble confirmée qu'elle est juste!. Car quelles sont les cellules contenues dans la rate de la souris donneuse? Des lymphocytes B et T... La réalité est plus complexe, mais pour ce qui est demandé, la réponse fournie est correcte, à votre professeur , éventuellement, de voir si vous pouvez aller plus loin...

7 - horti-culture (4pts)

71 - Les jardiniers utilisent un couteau désinfecté pour éviter de transmettre des micro-organismes à l'intérieur des organes (oui, les végétaux ont des organes) de la plante que l'opération de greffe met à nu.

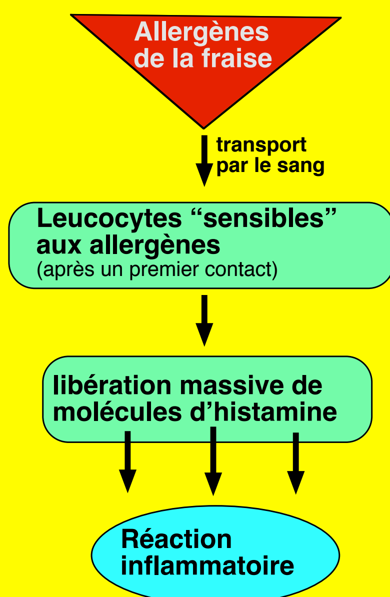
72 - Visiblement, les végétaux n'exercent pas un contrôle strict de leurs cellules puisque les greffes provenant d'autres espèces peuvent être réussies. Par contre, toutes les greffes ne "prennent" pas, il existe donc bien un système de défense. On peut donc supposer que, contrairement aux animaux, les végétaux ne possèdent pas de lymphocytes T mais ont développé un système de défense différent, mais surtout beaucoup moins précis, moins spécifique. La différence entre les deux systèmes de défense est donc liée à la moins grande spécificité des défenses végétales et à l'absence de cellules équivalentes aux lymphocytes T.

8 Aux racines de Shakespeare (5 pts).

81- Les symptômes de Britannicus et Richard III peuvent être décrits simplement: après un contact avec un élément inoffensif (des chevaux ou des fraises), ces deux personnages développaient une réaction inflammatoire (rougeur, démangeaison, gonflement en plaques...). La maladie qui déclenche une réponse inflammatoire au contact d'antigènes inoffensifs est l'allergie. Britannicus était donc allergique aux chevaux et Richard III allergique aux fraises.

82- Le diagramme doit montrer "les réactions se déroulant dans l'organisme" et doit "expliquer l'apparition des plaques rouges".
Un diagramme est une sorte de schéma. Comme tout schéma, il doit donc être titré. Au vu de la question précédente, voici un exemple de titre et de schéma:

REACTION ALLERGIQUE DE RICHARD III



Commentaire: des molécules provenant des fraises mangées sont transportées dans le sang et atteignent des leucocytes qui ont préalablement été "sensibilisés" (grâce à des Ac spécifiques) contre ces molécules, les allergènes. La fixation des allergènes sur les Ac provoque la libération d'une molécule, l'histamine, qui va à son tour causer une réaction inflammatoire au niveau de la peau.

Si vous vouliez faire le schéma pour Britannicus, il suffit de remplacer "allergènes de la fraise" par "allergènes des chevaux").

9 - Les aventures de super-Pasteur, sauveur du monde.

91 Pasteur sauve les poules (4 pts)

Si on résume l'observation fortuite (c'est à dire réalisée par hasard, béotien) de Pasteur, nous dirons que des poules qui ont été infectées avec une vieille bactérie et qui ont survécu sont devenues résistantes aux bactéries "en pleine forme".*

Expliquez ce que montre l'observation de Pasteur et proposez une hypothèse permettant d'expliquer la survie des poules (et la joie de Pasteur).

L'observation de Pasteur montre que des poules qui ont déjà été rendues malades et qui ont survécu sont ensuite résistantes à cette maladie.

Si je m'arrête là, vous allez me dire "ce n'est pas nouveau, Thucydide le savait dès l'antiquité (ouais, j'ai bien lu l'encadré de la page 4), qu'après avoir eu une maladie on en était protégé, c'est un peu léger, non ?". Je dirais que vous avez raison. L'observation de Pasteur se rattache aux causes de ce phénomène: il vient de démontrer qu'il est possible d'affaiblir une bactérie, de la rendre fragile en la laissant vieillir, et qu'une fois affaiblie elle n'est plus capable de déclencher la maladie sous sa forme la plus dangereuse, mais sous une forme très atténuée, inoffensive, mais, et c'est le plus important, qui va cependant donner à l'organisme la capacité de résister ensuite à la bactérie intacte, assurant une protection contre la maladie. Pasteur vient de découvrir comment fabriquer des vaccins contre de nombreuses maladies sans avoir à attendre le coup de chance de Jenner. (En termes modernes, la bactérie affaiblie se reproduit mal et ne peut déclencher une infection. Elle est balayée par le système immunitaire, mais elle va provoquer la formation de lymphocytes-mémoire qui, lors de la seconde rencontre avec cette bactérie, permettront une production massive d'Ac et de LT qui vont détruire rapidement l'envahisseur et empêcher ainsi la maladie. *Je m'excuse de répéter cela alors que vous avez bien révisé le manuel et votre cours avant de faire l'exercice, mais, que voulez-vous, il y a peut-être des élèves qui n'ont pas votre application au travail, non ?*).

Quelle différence voyez-vous entre la méthode suivie par Jenner et celle découverte par Pasteur ?

Jenner a eu la chance de découvrir un virus (celui de la vaccine) dont les Ag sont très proches où identiques à ceux du virus de la variole **. dès lors, la rencontre provoquée avec le virus de la vaccine protégeait l'organisme de la rencontre avec le virus de la variole. Mais cette situation est rare: le plus souvent, impossible de trouver une maladie inoffensive protégeant contre une autre, plus grave! Pasteur, lui, montre pour la première fois que, comme il le dira lui même dans une réunion houleuse de l'académie de médecine: "*J'ai prouvé une chose que Jenner n'est jamais parvenu à démontrer: le microbe qui tue est celui-là même qui sauve l'animal*".

Cette nouvelle fut accueillie avec... colère par les médecins qui ne supportaient pas qu'un chimiste se mêle de leur apprendre leur métier ***, et qui étaient le plus souvent remontés contre Pasteur qui assurait que, grâce à lui, les maladies seraient bientôt vaincues, et que, par conséquent, les docteurs de l'académie étaient pour la plupart de vieux schnocks (le terme exact, vous le trouverez sans problème!) à moitié séniles. À cette réunion, un grand chirurgien, Guérin, osa dire à Pasteur : "vous faites beaucoup de bruit pour quatre malheureuses poules". Pasteur répliqua avec des remarques douteuses sur une opération qu'avait tenté Guérin sur de petits animaux, opération qu'il qualifia d'absurde et stupide. Les noms d'oiseaux volèrent, et Guérin (plus de 80 ans, 60 Kg) voulut se jeter sur Pasteur (58 ans, 80 Kg) pour régler la chose à coups de poing. Des amis

s'interposèrent, mais dès le lendemain Guérin provoqua Pasteur en duel (on ne rigolait pas, à l'époque). Pasteur s'excusa finement auprès de Guérin, mais démissionna de l'académie de médecine.

 Pourquoi vous avoir raconté tout cela ? Parce que les réactions des scientifiques n'ont pas changé depuis cette époque, et que, bien souvent, les nouvelles idées, aussi bien confirmées expérimentalement qu'elles puissent être, ne s'imposent que lentement, par l'accumulation de faits mystérieux expliqués, par leur puissance explicative et surtout par le pouvoir détenu par celui qui en est à l'origine. (hé oui, je pense que vous êtes en âge de comprendre que le monde réel de la science n'a que peu de choses à voir avec "Oui-Oui au pays des chercheurs" et ressemble davantage à une cour de récré qu'à une calme assemblée).

---

* Cherchez dans le dictionnaire (le gros bouquin qui cale le pied de l'armoire) ce que signifie béotien. Je vous ai donné la définition de "fortuite", mais vous ne pensiez pas éviter quand même ce petit travail, non?

* * Nous verrons au chapitre suivant l'origine de cette proximité des Ag des deux virus... Tout deviendra clair alors (j'espère!)

* ** Cette attitude est toujours d'actualité, les divers spécialistes de sciences différentes ayant beaucoup de mal à s'apprécier...

92 Pasteur se plante ?

Hypothèse de pasteur:

Le vaccin (ou la première infection pour les survivants) consomme un produit présent dans l'organisme. Ce produit est indispensable à la multiplication du micro-organisme après un nouveau contact. Ne trouvant plus ce produit, le micro-organisme ne peut se développer, ce qui explique la protection constatée.

a- L'hypothèse de Pasteur ne s'est pas révélée correcte, car c'est la fabrication de lymphocytes-mémoire aptes à se multiplier intensément et spécifiques de l'Ag qui est à la base de l'efficacité des vaccins.

b- Qu'est-ce qu'une hypothèse scientifique ? Une supposition logique qui permet d'expliquer les phénomènes en se basant sur les connaissances acquises et en proposant une nouvelle voie que l'on pourra, éventuellement, tester.

Au vu des connaissances de son époque, l'hypothèse de Pasteur est parfaitement scientifique : elle suppose l'existence d'un produit dont l'épuisement permet d'expliquer les phénomènes constatés. Les tests de cette hypothèse ne l'ont pas confirmée, mais, au départ, elle était scientifique.

 A retenir: une hypothèse scientifique n'est pas nécessairement exacte !

c- Quelle observation, quel fait expérimental que vous connaissez (mais que Pasteur ignorait à l'époque) vous permettent de critiquer son hypothèse ?

Vous savez (Behring et Kitasato, 1890 - pour vous page 6)que le transfert de sérum d'un individu ayant survécu à une maladie à un autre lui donne une protection (temporaire) contre cette maladie. Cette protection ne pourrait s'expliquer par l'hypothèse de Pasteur, car l'animal qui reçoit le sérum n'a jamais été en contact avec la bactérie, et il devrait contenir une quantité "normale" de produit nécessaire aux bactéries. Cette hypothèse est donc fausse.

93 Pasteur sauve les moutons

a - Quelle était l'utilité des animaux non vaccinés ?

Les animaux non vaccinés vont servir de témoins, prouvant ainsi que les différences éventuelles entre les deux groupes sont causées par les seuls effets du vaccin.

b - Pourquoi fallait-il affaiblir les bactéries pour réaliser le vaccin ?

Pour réaliser le vaccin, les bactéries doivent être affaiblies de façon à ne pas pouvoir être capables de déclencher la maladie, souvent fatale. Les bactéries doivent juste servir de "porteurs d'Ag" sans danger, le mieux étant qu'elles ne soient plus capables de se reproduire, ou très lentement. De cette façon, le système immunitaire les détruit et produit les lymphocytes mémoires lui permettant, lors d'une seconde rencontre d'opposer à la bactérie une réponse secondaire très protectrice.

c - Pourquoi vérifier que le vaccin n'était pas dangereux sur des lapins ?

Il fallait être certain que les bactéries avaient été suffisamment affaiblies pour ne pas déclencher la maladie sur le moindre mouton (l'effet aurait été désastreux). Aussi, Pasteur et son équipe ont pris la précaution de vérifier que les bactéries affaiblies étaient même incapables de tuer un petit animal comme un lapin. Si un lapin résistait à une dose de bactéries affaiblies, alors un mouton, plus gros, résisterait à coup sûr à la même dose...

d- Pourquoi avoir attendu une douzaine de jours avant d'injecter aux animaux les bactéries du charbon dangereuses ?

Il est nécessaire que les animaux qui ont reçu la dose de bactéries affaiblies servant de vaccin aient le temps de réagir à cette légère infection en fabriquant leurs premiers anticorps (en réalisant une réponse primaire) et surtout en sélectionnant leurs lymphocytes mémoires. C'est seulement après cette réponse primaire que les animaux seront capables d'élaborer une réponse secondaire. Pour que la réaction primaire et la fabrication de lymphocyte mémoire se produisent, une douzaine de jours ne sont pas de trop!

e - Pasteur a réalisé 2 injections de vaccin, espacées de 12 jours, avant d'attendre encore pour injecter les bactéries mortelles. Pourquoi donc avoir réalisé une double vaccination, et pas une seule ?

Ici, il faut réfléchir un peu. Le premier vaccin va permettre une réponse primaire, préparant ainsi la rencontre avec la bactérie dangereuse qui affrontera une réponse secondaire, bien plus intense. Mais la seconde injection de bactéries affaiblies, à quoi sert-elle ? Et bien, elle va provoquer une réponse secondaire, très intense, avec sécrétion en masse d'Ac spécifiques et lymphocytes mémoires en grande quantité. C'est là l'intérêt : lorsque, 12 jours après, les bactéries dangereuses vont être injectées, l'animal aura déjà connu une réponse primaire et, très récemment, une réponse secondaire, qui ne sera sans doute même pas terminée: il y aura déjà dans son sang une grande quantité d'Ac et de nombreux lymphocytes mémoire, (et même encore des lymphocytes T et B classiques, spécifiques, toujours vivants, car la réaction secondaire n'est pas terminée) dans ses ganglions.

Dès lors, l'injection des bactéries dangereuses va déclencher une deuxième réponse secondaire, encore plus intense puisque les lymphocytes spécifiques qui vont se multiplier sont, au départ, encore plus nombreux. Les pauvres bactéries dangereuses injectées finalement vont donc affronter:

- une importante quantité d'Ac spécifiques déjà présents
- le reste des lymphocytes B et T spécifiques provenant de la deuxième réponse secondaire.
- une masse de lymphocytes mémoires qui vont se multiplier à grande vitesse pour fabriquer encore plus d'Ac spécifiques.

Il ne reste donc aucune chance aux bactéries "dangereuses" de survivre dans l'organisme, ce qui est justement le but recherché par Pasteur: les moutons sont sauvés (et, accessoirement, Pasteur devient un héros).

94 - Pasteur contre la rage

Les symptômes de la rage (anxiété, hallucinations, insomnies, délires, sensations altérées et parfois paralysie) sont tous en liaison avec le système nerveux. Il est donc très probable que cette maladie s'attaque au système nerveux, et, en particulier, au cerveau.

b) Pourquoi la rage ne se transmet pas dans tous les cas aux animaux mordus ou recevant l'injection de salive ?

Si la rage s'attaque au système nerveux, comme supposé en a, on peut supposer qu'il faut que le micro-organisme trouve un chemin vers le système nerveux. Si la morsure ou l'injection de salive contaminée ne permettent pas au microbe de trouver son chemin vers le système nerveux (en étant en contact avec un nerf, par exemple), alors la maladie ne se déclare pas et le microbe finit par mourir.

On peut aussi faire d'autres hypothèses, par exemple que le microbe est très fragile et ne survit pas souvent dans l'organisme. Toutefois, seule la première hypothèse est cohérente avec la question précédente.

c) Pourquoi Pasteur n'arrive pas à voir le micro-organisme à l'origine de la rage?

Pasteur dispose d'un microscope qui lui permet de voir les bactéries. Par conséquent, si la rage était causée par un protozoaire ou un champignon, de taille supérieure aux bactéries, il les auraient vus aussi. La seule possibilité restante est que la rage est causée par un micro-organisme trop petit pour être vu au microscope optique: la rage est donc causée par un virus.

d) Roux injecte un petit morceau de moelle épinière de lapin enragé desséchée 14 jours dans le cerveau de plusieurs chiens. Aucun ne mourut. Que peut-on en déduire ?

On peut déduire de ce résultat plusieurs explications plausibles, car normalement l'injection dans le cerveau des virus provoque tout le temps la maladie:

- soit la moelle épinière desséchée ne contient plus aucun virus actif.
- soit les virus de la rage ont été considérablement affaiblis par le dessèchement, et ils ont été incapables de provoquer la maladie.

L'équipe de Pasteur injecta aux chiens des morceaux de moelle épinière desséchée de moins en moins longtemps. Après 14 injections, 2 chiens reçurent une injection d'une grande quantité du micro-organisme de la rage, 2 autres chiens non vaccinés recevant la même injection. Un mois plus tard, les deux chiens vaccinés étaient bien portants, les deux autres mouraient en hurlant.

e) Pourquoi refaire la même injection à deux chiens non vaccinés ?

Il s'agit tout simplement de disposer de deux animaux témoins, qui vont servir à confirmer, par exemple, que le virus injecté est bien actif.

f) Conclusions des résultats de cette expérience.

Les chiens ayant reçu les injections de virus provenant de moelle épinière desséchée ont survécu au virus mortel. On peut en conclure que la moelle desséchée contenant bien le virus sous une forme affaiblie. L'organisme des animaux a réagi contre ces virus, développant une réponse primaire qui, vu la faible vigueur des virus, à permis de les détruire. Bien que chacune des 13 injections suivantes amenait des virus de plus en plus virulents *, les animaux ont développé une réaction secondaire, rapide et massive, qui a été de plus stimulée par les injections répétées. Le virus non affaibli a donc été balayé, les injections de virus affaiblit par dessèchement ayant vacciné les animaux.

* *virulents : qui sont actifs, dangereux, capables de provoquer la maladie.*

g) Au niveau des leucocytes, la première injection à introduit dans l'organisme des virus très affaiblis. Ils ont été pris en charge par les macrophages et d'autres cellules qui ont utilisé leurs Ag pour faire fabriquer par certains lymphocytes B des Ac, alors que certains lymphocytes T capables d'identifier et de détruire les cellules infectées par le virus de la rage étaient aussi sélectionnés. Une population de lymphocyte B et T mémoire, prêts à contrer par une réponse secondaire le virus de la rage s'est constituée.

Les injections suivantes pont à la fois augmenté le nombre de cellules-mémoire disponibles et la production d'Ac et de lymphocytes T spécifiques. Le virus intact injecté en dernier à du faire face à une contre attaque massive d'Ac spécifiques très nombreux et de lymphocytes T aguerris qui l'ont empêché de déclencher toute infection.

h) Hypothèses expliquant le délai de plusieurs semaines entre la morsure et les symptômes de la maladie.

Le délai entre morsure et maladie peut être causé par:

- le temps nécessaire au virus pour trouver son chemin vers le système nerveux (voir question b)
- le temps mis par le virus pour se reproduire en grande quantité dans les cellules, de façon à être assez nombreux pour perturber le fonctionnement du système nerveux.
- La lutte entre le virus et le système immunitaire, ce dernier ralentissant, au début, la progression du virus mais sans arriver, malheureusement, à la stopper.

i) Pourquoi ne pas vacciner tous les chiens de France ou tous les Français ?

La raison en est évidente: le nombre! Pour traiter un seul animal, il faut 14 injections et de la moelle épinière de lapin desséchée... Il y avait des centaines de milliers de chiens à vacciner, ce qui aurait nécessité bien trop de personnel et de lapins ! Il était encore plus irréaliste de penser à vacciner des millions de français, pour la même raison, mais aussi parce que la rage, maladie certes mortelle à l'époque, était tout de même assez rare.

j) Pour vérifier la possibilité d'une vaccination après morsure quelle expérience, en vous inspirant de celle de Pasteur, auriez-vous pu mettre au point ?

En se basant sur les méthodes de Pasteur, on peut imaginer faire mordre plusieurs chiens (il en faut plusieurs puisque, nous l'avons vu, une morsure ne transmet pas obligatoirement la maladie) par un ou plusieurs animaux enragés. Disons que l'on va utiliser une dizaine de chiens mordus. Cinq commencent immédiatement à recevoir les 14 injections, les 5 autres ne reçoivent que des injections d'eau salée. On compare un mois après quelle est la proportion de chiens enragés dans les deux groupes. Si le vaccin est efficace après morsure, il ne doit y avoir aucun chien malade dans le groupe vacciné et quelques chiens enragés dans le groupe non traité.

<u>10 BB bulles (10 pts)</u>

10-1 Origine des symptômes de la maladie.

Les enfants malades ne possèdent pas de lymphocytes. Ils ne peuvent donc pas fabriquer d'anticorps ou disposer de lymphocytes T spécifiques pour lutter contre les virus. Comme leurs défenses contre les micro-organismes sont très limitées, les contacts avec les bactéries et virus de l'environnement déclenchent très souvent des infections importantes qu'il faut soigner.

10-2 Pourquoi une greffe de moelle osseuse permet elle de guérir cette maladie ?

C'est dans la moelle osseuse que se forment les lymphocytes. Si on donne de la moelle osseuse au malade, les cellules qu'elle contient vont se mettre à fabriquer les lymphocytes qui manquent, ce qui permettra la guérison.

10-3 Pourquoi est-il nécessaire, avant la greffe, de détruire ce qui reste du système de défense de l'enfant ? Quelles sont donc les cellules qui assurent la défense de l'enfant avant son traitement ?

Là, il faut réfléchir un peu. Même si le malade ne produit pas de lymphocytes, sa moelle osseuse fonctionne (sinon il n'aurait pas d'hématies...) et produit des cellules comme les macrophages. Si on injecte de la moelle d'un donneur sans précaution, le système immunitaire du malade, même si il est peu développé, va identifier les cellules du donneur comme étrangères et va tenter de les détruire. C'est pour éviter ce rejet qu'avant la greffe plusieurs traitements détruisent complètement le système immunitaire, ce qui explique pourquoi,

pendant cette période, les enfants doivent être maintenus dans des "bulles" stériles, à l'abri de tout micro-organisme.

Les cellules qui assurent la défense de l'enfant avant son traitement sont les macrophages, qui sont des leucocytes, mais pas des lymphocytes.

10-4 Pourquoi ne peut-on pas utiliser de vaccins réalisés à base de microbes affaiblis, mais vivants ?

On ne peut utiliser ces vaccins chez ces malades, car comme ils ne disposent que d'un minimum de défenses immunitaires même un microbe très affaibli pourra se reproduire tranquillement et risquer de déclencher la maladie contre laquelle il devait protéger.

11 Le retour de la coqueluche

Si on résume les mesures prises contre la coqueluche, on constate qu'il s'agit de vacciner plus tôt et de s'assurer, par un rappel à 12 ans et par les conseils aux adultes, que les individus en contact avec de jeunes enfants sont bien vaccinés, donc ne sont pas susceptible d'abriter et surtout de transmettre la bactérie. On peut alors faire l'hypothèse que le retour de cette maladie est du à la contamination des très jeunes enfants par des adultes qui ne sont pas ou mal vaccinés (par exemple, qui n'ont pas effectué les rappels permettant de renouveler leur stock de lymphocytes-mémoire).

12 On l'appelle Murphy, James Murphy (9 pts)

12-1 Pourquoi la tumeur n'est rejetée par l'embryon qu'après que ce dernier ait atteint 18 jours de développement.

Si on résume ce que est observé, l'embryon ne réagit pas contre ma tumeur sauf lorsqu'il a dépassé 18 jours d'existence. On peut élaborer plusieurs hypothèses pour expliquer cela. En voici deux:

- il est possible que la tumeur mette 18 jours à se développer suffisamment pour être détectée par l'organisme et déclencher des réactions de défense.
- Comme la tumeur est formée de cellules anormales, son élimination est réalisée par les lymphocytes T. Il est possible que l'embryon ne fabrique pas de lymphocytes T avant d'avoir atteint 18 jours de développement.

12-2 Origine des phénomènes décrits et découverts par Murphy.

Rate, ganglion ou moelle osseuse sont des organes lymphoïdes, qui contiennent donc de nombreux lymphocytes. Ces lymphocytes d'origine extérieure réagissent contre les cellules de la tumeur et la détruise. Si l'embryon ne possède pas encore de système immunitaire, les lymphocytes de poulet adulte ne sont pas détruits par l'embryon (et ne réagissent pas contre ce dernier).

12-3 Quelle conclusion, relative au rôle des lymphocytes, pouvez-vous tirer des résultats des expériences de Murphy ?

Les résultats des expériences de Murphy s'expliquent si ce sont les lymphocytes qui sont à l'origine du rejet des greffes et des tumeurs. Autrement dit, les cellules "anormales" sont détruites par d'autres cellules, les lymphocytes. Avec ses expériences sur la tuberculose, Murphy montre également que les lymphocytes, des cellules, interviennent dans la lutte contre des bactéries.

12-4 - Comment expliquer que les conclusions de Murphy soient restées totalement ignorées pendant un demi-siècle alors qu'il les avait publiés et que ses expériences étaient correctement réalisées ?

 Dans tous les cas Murphy, dans les années 1920, vient bien de montrer que des cellules, les lymphocytes, sont impliquées dans le rejet des greffes (et la lutte contre les tumeurs) et la lutte antibactérienne. Pourtant, cette découverte importante va passer inaperçue.

A son époque, quasiment tous les scientifiques sont admiratifs devant les résultats montrant l'importance des molécules dans la lutte contre l'infection. La grande majorité des scientifiques qui s'intéressaient aux défenses de l'organisme étaient passionnés par la chimie et ne s'intéressaient pas aux travaux sur les tumeurs. La revue dans laquelle Murphy a publié ses travaux n'était pas lue par les gens à qui elle aurait été profitable. De plus, Murphy n'était pas un spécialiste de l'immunité, mais un médecin, et il ne faisait donc pas parti du "club" des spécialistes capable de prendre en compte l'importance de ses découvertes (il n'était pas le seul, car à la même époque Ludvig Hektoen, dans l'indifférence générale, avait fortement suspecté le rôle des lymphocytes dans la fabrication des anticorps).

On peut en tirer une conclusion importante: dans la science réelle, les découvertes qui ne sont pas réalisées dans un domaine "à la mode" risquent bien de passer totalement inaperçues, quelle que soit par ailleurs leur importance fondamentale. Faire savoir ce que l'on a découvert est aussi important que d'effectuer la découverte. Cela montre aussi qu'il peut être intéressant de jeter un oeil sur les recherches qui, justement, ne sont pas "à la mode"...

13 Un "cadeau" de Christophe Colomb (3 pts)

Les micro-organismes transportés depuis l'Europe étaient inconnus sur le continent américain. Dès lors, les habitants de ce continent n'avaient jamais été en contact avec les différents microbes nouveaux venus et ne disposaient d'aucune défense spécifique contre ces microbes, dont ils rencontraient les antigènes pour la première fois. Ils ont donc très facilement été infectés et n'ont pu compter, pour se défendre, que sur une réponse primaire, lente et peu intense, le plus souvent inefficace. Les populations d'Amérique du Sud souffrirent donc très vite, par contagion et à cause de la faible efficacité de leur réponse primaire, des nouvelles maladies apportées involontairement par les Européens *.

** Certains militaires britanniques, en 1763, utilisèrent volontairement les microbes pour pratiquer une forme de "guerre bactériologique" très efficace: ils offrirent à des tribus indiennes "canadiennes" en révolte des couvertures ayant appartenu à des individus morts de la variole. La maladie se déclencha très rapidement chez les Indiens, réduisant* fortement leur population.

14 La guerre des mondes (2 pts)

On peut justifier deux opinions opposées sur l'idée de Wells. Tout dépend donc des justifications:

- son explication est plausible si l'on considère qu'en effet les bactéries terrestres sont inconnues des martiens et donc que ces derniers, n'ayant jamais eu à lutter contre elles, sont incapables de reconnaître leurs Ag et de leur opposer autre chose qu'une réponse primaire.
- Son explication n'est pas plausible si les cellules des martiens sont suffisamment différentes des nôtres pour que les micro-organismes terrestres ne puissent y survivre ou s'y multiplier: pour que Wells ait raison, il faut que ses martiens ressemblent beaucoup, en fin de compte, aux humains...

15 Le vaccin de la mort qui tue (7 pts)

15-1 Si vous avez lu attentivement le cours et surtout les autres exercices, vous savez que le vaccin de Pasteur a été réalisé à partir de virus de la rage "affaiblis" par dessèchement. On peut donc supposer que, chez un jeune garçon affaibli, ou au système immunitaire peu performant, le virus de la rage, même peu virulent, puisse parvenir à se reproduire et à provoquer la maladie qu'il aurait dû contrer. Au lieu d'être détruit par le réaction primaire, celle-ci est si faible que le virus contenu dans le vaccin parvient quand même à communiquer la maladie.

Remarque 1: Récemment, le même problème s'est posé avec des vaccins modernes utilisé chez des malades du sida (réfléchissez une minute, demandez-vous pourquoi. Réponse en fin de correction)

Autre hypothèse possible: Un lot de vaccins défectueux, contenant des virus qui n'ont pas été assez affaiblis, a pu contaminer plusieurs individus (toutefois, comme seuls des enfants ont été touchés, l'hypothèse précédente, basée sur la faiblesse et la mauvaise santé des enfants vaccinés, est plus probable).

15-2 L'attitude du médecin légiste s'explique facilement, si on se place à son époque: les premiers vaccins venaient d'apparaître, la mortalité causée par les maladies qu'ils pouvaient combattre était effroyable (1/3 des nouveaux nés mourraient avant l'âge de trois mois...) et ce médecin devait arbitrer entre deux dangers: celui de déconsidérer les vaccins nouvellement inventés (avec plusieurs milliers de morts à cause de la peur provoquée dans la population qui ne se serait pas faite vacciner) et celui de laisser en circulation des vaccins potentiellement dangereux (provoquant quelques dizaines de morts). L'affaire se régla "sous le manteau", le vaccin dangereux étant remplacé par un autre bien plus efficace.
Historiquement, on peut juger que ce médecin a "bien fait", mais on peut aussi argumenter sur le fait qu'il a sans doute été indirectement responsable de la contamination de certains enfants qui, sans cette vaccination, auraient survécu (mais attention à ne pas oublier que la mort d'un enfant, en 1880, n'avait rien d'exceptionnel: c'était courant, dans toutes les familles...)
Remarque 2: de nos jours, certaines personnes considèrent que les vaccins sont "dangereux" et refusent de faire vacciner leurs enfants. Les vaccins sont toujours bien moins dangereux que les maladies qu'ils combattent, mais la quasi-disparition de ces maladies fait qu'elles sont oubliées, ainsi que leurs ravages. Elles n'en restent pas moins extrêmement dangereuses (le tétanos est mortel, la diphtérie aussi), et les vaccinations sont une des meilleures armes permettant de lutter contre la mortalité causée par les maladies.
Solution de la remarque 1: (on ne triche pas!): comme les malades du sida ont un système immunitaire dégradé, ils ne peuvent pas lutter efficacement contre les micro-organismes, même très affaiblis, contenus dans certains vaccins: alors que chez les individus en bonne santé ces microbes produisent une réaction primaire largement suffisante pour les détruire (et immuniser l'organisme), ils ne sont pas suffisamment détruits par le système immunitaire affaibli des malades et peuvent donc reprendre de la vigueur, au point de provoquer la maladie qu'ils auraient dû enrayer... Pour éviter ces problèmes, les vaccins modernes ne font plus appel à des micro-organismes vivants, même très affaiblis, mais à des micro-organismes morts ou à certaines molécules qui en proviennent. Ce danger n'existe donc plus à l'heure actuelle.

Apprenez à bien rédiger

Corriger la phrase suivante:

" Lé lain faux sites Bi fon D zanti core, lé lin faux sites Ti destroy lé sait lul à Normale. Ils travail + lan que Emma Krophage mais y son bcp + spé si fic é donc + Effy casse."

"Les lymphocytes B fabriquent les anticorps, les lymphocytes T détruisent les cellules anormales. Ils agissent plus lentement que les macrophages, mais ils sont beaucoup plus spécifiques et donc plus efficaces."

Cet exercice vous montre que l'orthographe n'est pas un luxe, mais un moyen de faciliter la lecture !

Traduisons

"One day when the whole family had gone to the circus to see some extraordinary performing apes, I remained alone with my microsope, observing the life in the mobile cells of a transparent starfish larva, when a new thought suddenly flashed across my brain.

It struck me that similar cells might serve in the defense of the organism against intruders. (...) I said to myself that, if my supposition was true, a splinter introduced into the body of a starfish larva, devoid of blood vessels or of a nervous system, should soon be surrounded by mobile cells as is to be observed in the man who runs a splinter into his finger. This was no sooner said than done... I was too excited to sleep that night in the expectation of the results of my experiment, and very early the next morning I ascertained that it had fully succeeded. That experiment formed the basis of the phagocytic theory, to the development of which I devoted the next twenty-five years of my life."

"Un jour que toute ma famille était allée au cirque pour voir d'extraordinaires singes, je restais seul avec mon microscope, observant la vie de cellules mobiles dans une larve transparente d'étoile de mer, lorsqu'une nouvelle idée se révéla brusquement à mon esprit.

Je fus frappé par l'idée que des cellules identiques puissent servir à la défense de l'organisme contre des intrus. (...) Je me dis à moi même que, si mon hypothèse était exacte, une épine introduite dans le corps d'une larve d'étoile de mer, dépourvue de vaisseaux sanguins ou de système nerveux, pourrait être rapidement entourée de cellules mobiles pouvant aussi être observées chez un homme qui a une écharde dans un doigt. Sitôt dit, sitôt fait... Je fus trop excité pour dormir cette nuit-là dans l'attente des résultats de mon expérience, et très tôt le matin suivant j'ai vérifié qu'elle avait entièrement réussi. Cette expérience a été la base de la théorie de la phagocytose, au développement de laquelle j'ai dédié les 25 années suivantes de ma vie."

Pour vous remercier d'avoir tant travaillé (comment, vous avez triché ?) voici un lien vers un jeu video gratuit qui vous proposera d'accomplir différentes missions au service, non pas de la reine, mais du système immunitaire.

Les explications sont en anglais, mais cela ne devrait pas poser de problème à des pros de la manette comme vous...



Protection de l'organisme

Nom & Prénom: Évaluation de troisième

1 - **Défini**r les termes suivants (4 pts): Bactérie; lymphocyte

2 - Quarantaine.(4 pts).

Lors des missions Apollo 11,12 et 14, la NASA avait mis au point une quarantaine pour les astronautes de retour de la Lune. Une remorque scellée les attendait sur le porte-avions Hornet, puis cette remorque fut transportée à bord du navire jusqu'à Hawaii; dans un avion-cargo jusqu'à Houston, où les astronautes furent transférés dans une unité de confinement étanche pendant trois semaines. Les échantillons lunaires étaient aussi gardés dans un laboratoire construit spécialement pour leur analyse, assurant une étanchéité totale.

21 Pour quelle raison avait-on cru bon d'isoler les astronautes ainsi pendant trois semaines ?
22 Pourquoi les échantillons de roche lunaire furent-ils eux aussi soumis à une stricte isolation ?

3 - La dose fait le poison (5 pts)

Vers 1890, le Dr Behring et un étudiant japonais du Dr Koch, S. Kitasato, essayent de mettre au point un vaccin contre le tétanos. Ils découvrent que s'ils traitent une culture de bacilles du tétanos avec certains désinfectants puis injectent une faible quantité de cette culture à des cochons d'Inde, ces derniers ne développent pas la maladie ou bien en guérissent rapidement. Ces animaux résistent ensuite à l'infection par une culture du bacille intact qui tue un animal n'ayant jamais reçu d'injection. Toutefois, un animal immunisé peut transmettre sa résistance à un autre, qui ne l'est pas, par son sérum. Behring appelle "antitoxine" le produit présent dans le sérum et qui assure cette protection.

31 Pourquoi les animaux ayant reçu l'injection de bacilles traités sont-ils devenus résistants ? (2 pts)
32 Que montre l'observation selon laquelle la protection contre le tétanos est transmissible par le sérum d'un animal résistant à cette maladie ? (2 pts)
33 Quel nom moderne donneriez-vous à l'antitoxine de Behring ? (1 pts)

4 - Au tableau! (comparatif) - Titrez et complétez le tableau suivant (5 pts)

Cellule du système immunitaire		Lymphocyte B	
Vitesse d'intervention	rapide		
Spécificité			élevée
Mode d'action			

5 - Petite grippe (2 pts)

Avant chaque hiver, de nombreuses publicités engagent les personnes âgées ou fragiles à se faire vacciner contre la grippe, maladie causée par un virus. En utilisant vos connaissances, proposez une hypothèse (réaliste) permettant d'expliquer pourquoi la vaccination contre la grippe, contrairement à celle contre le tétanos par exemple, ne semble rester efficace que quelques mois.

Protection de l'organisme - correction

1 - Définitions:
Bactérie: micro-organisme sans noyau, capable de se reproduire par division et dont certaines espèces sont responsables d'infections et de maladies.

Lymphocyte: cellule du système immunitaire réagissant de façon spécifique aux antigènes soit en produisant des anticorps spécifiques soit en détruisant de façon spécifiques les cellules portant des Ag anormaux, suite à une infection par un virus par exemple.

2 - Quarantaine.
21 L'isolation est une mesure prophylactique pour éviter la contamination par des micro-organismes. La NASA avait donc peur que les astronautes aient ramené une forme de vie inconnue de la Lune (même si les risques étaient extrêmement faibles) capable de déclencher une épidémie sur Terre. L'isolation des astronautes permettait d'observer une éventuelle dégradation de leur santé, et aurait alors servi à protéger la planète de microbes lunaires dont les antigènes nous auraient été inconnus, et contre lesquels nos défenses immunitaires auraient donc été limitées.

22 Les échantillons de roche lunaire furent eux aussi soumis à une stricte isolation au cas où ils auraient été, eux aussi, contaminés par des micro-organismes inconnus. Leur isolation avait cependant un autre but, plus “sérieux”: éviter que des éléments d'origine terrestre ne contaminent les échantillons, car les scientifiques désiraient avoir la certitude que tous les matériaux qu'ils allaient étudier étaient bien d'origine lunaire.

3 - La dose fait le poison
31 Les animaux ayant reçu l'injection de bacilles traités sont devenus résistants car leurs lymphocytes B ont pu fabriquer des anticorps contre les bacilles. Ces derniers étant morts ou très affaiblis (à cause du désinfectant), ils n'ont pu se reproduire où déclencher une infection et ont juste servis de “porteurs d'antigènes” permettant que se développe une réponse primaire. Lorsque ces animaux ont reçu le bacille “mortel”, ils avaient fabriqué des lymphocytes-mémoire et ont réagi par une réponse secondaire dont l'intensité à balayé le bacille et évité la maladie.

32 Comme la protection contre le tétanos est transmissible par le sérum d'un animal résistant à cette maladie, on peut en déduire que l'origine de cette protection est contenue dans le sérum. Puisque le sérum ne contient pas de cellules mais seulement des molécules, on peut en conclure que la protection contre le tétanos est assurée par des molécules particulières.

33 L'antitoxine découverte par Behring est un anticorps.

4 Tableau comparatif des cellules du système immunitaire

Cellule du système immunitaire	**Macrophage**	Lymphocyte B	**Lymphocyte T**
Vitesse d'intervention	rapide	**lente**	**lente**
Spécificité	faible	élevée	élevée
Mode d'action	**phagocytose**	**Multiplication et production d'anticorps spécifiques des Ag du micro-organisme à neutraliser**	**Multiplication et destruction par contact des cellules présentant des Ag anormaux**

5 - Petite grippe
Le principe de la vaccination est de présenter au système immunitaire des Ag inoffensifs mais identiques à ceux du virus. L'hypothèse la plus plausible est de considérer qu'il n'existe pas un seul virus de la grippe mais plusieurs, dont les les Ag sont différents. On peut aussi proposer que le virus change régulièrement ses Ag.

TEST RAPIDE: LES DEFENSES DE L'ORGANISME

Cochez la ou les cases correspondant à la ou aux réponses exactes. ***Attention****, plusieurs réponses peuvent être exactes pour chaque question.*

1 - Les lymphocytes T :
- [ ] sont des cellules
- [ ] sont des molécules
- [ ] ont une action non spécifique
- [ ] fabriquent des anticorps
- [ ] tuent par contact les cellules non reconnues

2 - Les lymphocytes B:
- [ ] sont des molécules
- [ ] sont des cellules
- [ ] fabriquent des anticorps
- [ ] ont une action non spécifique
- [ ] tuent par contact les cellules infectées par un virus

3 - Les macrophages:
- [ ] sont des cellules
- [ ] sont des molécules
- [ ] ont une action non spécifique
- [ ] fabriquent des anticorps
- [ ] tuent par contact les cellules non reconnues `

4 - Les anticorps:
- [ ] sont des molécules
- [ ] sont des cellules
- [ ] se fixent sur les antigènes
- [ ] ont une action spécifique
- [ ] tuent par contact les cellules

5 - Qui est le plus petit ?
- [ ] les bactéries
- [ ] les bacilles
- [ ] les virus
- [ ] les protozoaires
- [ ] les champignons pathogènes

6 - La réaction inflammatoire:
- [ ] douleur
- [ ] dilatation des capillaires
- [ ] gonflement
- [ ] rougeur
- [ ] formation de lymphocytes mémoire

7 - Les antigènes:
- [ ] sont des cellules
- [ ] sont situés à la surface des cellules
- [ ] se fixent sur les anticorps
- [ ] déterminent les groupes sanguins
- [ ] fabriquent des anticorps
- [ ] sont des molécules

8 - Les virus
- [ ] sont des molécules
- [ ] sont des cellules
- [ ] se reproduisent dans les cellules
- [ ] ont une action spécifique
- [ ] tuent par contact les cellules non reconnues

9 - On trouve des leucocytes dans:
- [ ] la rate
- [ ] les ganglions lymphatiques
- [ ] les organes lymphoïdes
- [ ] la moelle osseuse
- [ ] le thymus

10 - Les lymphocytes :
- [ ] sont des macrophages
- [ ] sont des leucocytes
- [ ] sont des cellules
- [ ] naissent dans le thymus
- [ ] certains circulent dans le sang

Solutions : 1:*15,* ***2:*** *23,* ***3:*** *13,* ***4:*** *134,* ***5:*** *3,* ***6:*** *1234,* ***7:*** *2346,* ***8:*** *3,* ***9:*** *12345,* ***10:*** *235*

Manuel libre & gratuit.

Copiez-le !

Téléchargez-le !

Donnez-le !

Remarque sur les programmes
Dans ce manuel, je considère les programmes officiels de la classe de troisième non comme le maximum de ce que doivent savoir les élèves, mais comme le minimum permettant de leur ouvrir l'esprit.
Les programmes sont donc parfois complétés dès que la compréhension globale d'un phénomène l'exige, sans toutefois dépasser le niveau que l'on peut attendre d'un élève motivé de troisième

VOUS VENEZ DE TERMINER LE CHAPITRE 2. v 1.5

Le dernier chapitre a été publié au cours de l'été 2008, l'intégralité de l'ouvrage étant disponible depuis le 25 Août 2008.

RR

Avant de partir....

L'auteur de cet ouvrage

Je suis prof de SVT. Chercheur de formation, je n'ai pas trouvé d'emploi après m'être spécialisé dans la physiologie animale. J'ai enseigné à plusieurs niveaux: séminaires, université, formation d'adultes, lycée et collège.



Ancien élève de math-sup & math-spé bio techno, j'ai également étudié et enseigné la physique. Je m'intéresse à la philosophie des sciences et aux méthodes d'enseignement et à divers problèmes scientifiques liés aux origines de la vie. Ayant rédigé une trentaine d'articles scientifiques ces dernières années, j'ai décidé, au vu de l'inadaptation des manuels envers les élèves et connaissant la charge financière que représente l'achat de milliers de manuels, de rédiger le premier manuel, en français, libre et gratuit, de SVT pour les troisièmes.

Puisse t'il en inspirer bien d'autres, et de meilleurs !

R. Raynal
Dr de l'université de Toulouse.

Support en ligne



Le site www.exobiologie.info sera votre lien vers les mises à jour du manuel. Vous pourrez également joindre directement l'auteur.

Le site du manuel vous apportera les dernières versions et corrections, des documents supplémentaires ainsi que les "podcasts" disponibles depuis la rentrée 2008.

Évitez d'imprimer



Un document sous forme électronique doit le rester le plus possible: c'est ainsi que vous aurez accès à toute sa richesse, à ses liens, ses vidéos et ses possibilités de navigation. Imprimer est le plus souvent inutile, et représente une dépense (en encre surtout, en papier ensuite) qui n'est pas négligeable. Si vous le pouvez, conservez et utilisez ce manuel sous sa forme électronique.

Iamque opus exegi, quod nec Iovis ira nec ignis nec poterit ferrum nec edax abolere vetustas. Cum volet, illa dies, quae nil nisi corporis huius ius habet, incert spatium mihi finiat aevi: parte tamen meliore mei super alta perennis astra ferar, nomenque erit indelebile nostrum.

Ovide, Métamorphoses, livre XV, 871-876

Remerciements

Institut de recherche

Je remercie le Howard Hugues Medical Institute, qui réalise et met gratuitement à disposition de tous, sur son site, d'excellents documents et cours en vidéo. Merci aussi à The American Society for Cell Biology, au National Cancer Institute, au NIH et à l'université de Harvard.

Institutions

Je remercie Wikipedia et ses contributeurs qui mettent à disposition d'excellents documents sous licence wikimedia commons.
Je remercie aussi le congrès des USA pour le Federal Research Public Access Act exigeant de toute agence fédérale l'accès permanent, libre et gratuit pour tous aux publications scientifiques.
Enfin, mention spéciale pour les concepteurs des licences creative commons et GNU qui ont permis de trouver (et de créer) facilement des documents pour cet ouvrage.

Chercheur

Que soit remercié le Professeur P. Martin, de la School of Medical Sciences, de Bristol pour sa video sur la réaction inflammatoire.

Tout le monde peut lire ce manuel ! (enfin presque !)





EVOLUTION DES ORGANISMES VIVANTS ET HISTOIRE DE LA PLANÈTE TERRE



"Rien n'a de sens, en biologie, si ce n'est à la lumière de l'évolution."

T.G. Dobzhansky, biologiste



Les espèces se succèdent et se renouvellent au cours du temps.

Il est rare que l'on puisse dater précisément une révolution scientifique: les idées et les contributions respectives se diluent dans l'histoire et compliquent le tableau, rendant délicat l'attribution d'une découverte à un seul scientifique. Pourtant, nous connaissons précisément la date de la plus grande révolution de la biologie depuis la découverte de la cellule: le jeudi 24 novembre 1859 paraissait un livre qui allait changer le monde : ce jour là, le naturaliste Charles Darwin, déjà célèbre pour d'autres travaux et ses voyages, faisait paraître son ouvrage "l'origine des espèces par le moyen de la sélection naturelle, ou la préservation des meilleurs groupes dans la lutte pour la vie". Il n'était ni le premier ni le plus célèbre à s'intéresser à ce problème, mais son livre présentait une somme d'observations et de réflexions montrant que les différentes espèces d'être vivant (donc l'homme aussi) dérivaient les unes des autres par divers mécanismes permettant de reconstruire une histoire de la vie gouvernée par un changement permanent, une évolution des formes de vie. Nous allons examiner comment cette brillante idée est devenue, de nos jours, une certitude.

Les roches sédimentaires racontent l'histoire de la Terre

Avant l'époque de la renaissance, il n'existait pas de réponse scientifique à la question de l'origine des espèces et de la planète: toutes les réponses étaient fournies par les religions, et il semblait évident qu'une intervention divine avait créé toutes les espèces existant actuellement (seuls avaient disparu des "monstres" qui n'avaient pas résisté au déluge...) Des théologiens (1) avaient calculé que la Terre avait été créée il y a 7000 ans environ. Quiconque contestait ces idées risquait de finir transformé en méchoui sur un bûcher...



En 1666, des pécheurs italiens capturent un requin géant près de la ville de Livourne. Un noble local envoie le corps de l'animal à un spécialiste de l'anatomie danois, Niels Stensen, qui travaillait à Florence. Stensen dissèque l'animal (*ci contre, gravure tirée de son ouvrage, montrant la tête et les dents de l'animal*) et découvre que les dents du requin ressemblent beaucoup, étrangement, à des pierres, les glossopetrae, que l'on peut trouver dans certaines couches de roches. Alors que des auteurs anciens pensaient que ces pierres étaient tombées du ciel ou devaient leur forme au hasard, Stensen ose une hypothèse révolutionnaire: puisque les pierres ressemblent trop aux dents de requins, c'est que ce sont sans doute d'anciennes vraies dents de requins qui se sont transformés en pierre, minéralisées, au cours du temps. Il confirme ainsi une idée émise par le botaniste Fabio Colonna en 1616, mais il va plus loin en cherchant comment ces dents sont arrivées dans les roches et en supposant que tous les fossiles sont des restes d'anciens animaux ou végétaux (2). En observant les falaises, Stensen propose que des roches se forment par dépôt de couches successives qui emprisonnent les restes d'êtres vivants qui seront convertis en pierre avec le temps. Il semble alors évident que les dépôts successifs forment des couches dont la plus ancienne est située vers le bas (3). L'étude des fossiles et des roches qui les contiennent va pouvoir commencer.

1 - L'anglais J. Husher avait par exemple calculé dès 1654 la durée de toutes les générations dans la bible (sa démarche était scientifique, mais pas sa référence!), aboutissant à une date de "création" de la Terre en 4004 av. J.-C. D'autres religieux "précisèrent" ensuite ce décompte jusqu'à l'absurde (aboutissant à l'acte de naissance de la Terre le 26 octobre 4004 av. J.-C. à 10h du matin...). De nos jours, certains intégristes religieux croient toujours que la Terre est âgée de 6000 ans à peine.

2 - Cette origine des fossiles doit vous sembler évidente, mais en 1616 il en était tout autrement. Seuls des génies du calibre de Leonard de Vinci (cf encadré ci contre) vers 1500 ou des penseurs excentriques comme Bernard Palissy vers 1550 pouvaient penser que de vrais animaux pouvaient s'être transformé en pierre et donner des indications sur le passé. En 1670, A. Scilla défendra cette idée dans un livre (La vaine spéculation démentie par les sens) richement illustré.

3 - Bien entendu, vous avez étudié en cinquième les roches sédimentaires comme le calcaire, leur formation et la sédimentation. Comment ? C'est loin la cinquième ? Vous avez tout oublié ? Votre prof a commencé à vous parler des paysages en juin et vous n'avez pas eu le temps de tout voir ? Je vous rassure, c'est assez fréquent ! Une petite révision page 3 ne sera pas de trop ...

Le contexte

Une idée nouvelle contre l'évidence immédiate.

L'idée que les espèces possèdent une longue histoire au cours de laquelle elles ont pu se transformer et changer s'oppose, à première vue, aux observations immédiates: on ne voit jamais un chien donner naissance à un chat, où un chêne produire un cerisier! Pourtant, plusieurs observations ont permis d'établir l'existence des modifications des espèces dans le temps. Elles ont résulté de l'accumulation de plusieurs découvertes réalisées en Europe à partir du 16e siècle (dans d'autres régions, des scientifiques, dont le chinois Shen Kuo, avaient réalisé dès l'an 1000 des observations pertinentes, mais qui sont restées sans lendemain).
A cette époque, il est apparu que l'on pouvait découvrir des faits inconnus des auteurs de l'antiquité, corriger leurs erreurs et améliorer la connaissance du monde. Ce nouvel état d'esprit sera utilisé pour découvrir et expliquer la surprenante histoire des espèces.

Les remarques pertinentes d'un génie "universel".

Léonard de Vinci s'oppose à l'opinion qui fait des coquillages fossiles des reliques du déluge:

" On ne peut qu'admirer la sottise ou la simplicité de ceux qui veulent que ces coquilles aient été transportées par le Déluge ... Si cela était elles seraient jetées au hasard , confondues avec d'autres objets , tous à une même hauteur . Or les coquillages sont déposés par étages successifs ; on les trouve au pied de la montagne comme à son sommet ; quelques-uns sont encore attachés au rocher qui les portait. Ceux qui vivent en sociétés , huîtres , moules sont par groupes ; les solitaires se trouvent de distance en distance , tels que nous les voyons aujourd'hui sur le rivage de la mer ... Les montagnes où sont les coquillages étaient jadis des rivages battus par les flots , et depuis elles se sont élevées à la hauteur où nous les voyons aujourd'hui ... ".

Vers 1800, l'ingénieur William Smith supervise le tracé d'un canal au sud-ouest de l'Angleterre. Il en profite pour confirmer ses observations, faites dans des mines de charbon, sur l'ordre des couches de roches du sous-sol. Il constate qu'il retrouve dans les roches creusées à cette occasion des couches identiques, contenant les mêmes fossiles, à des endroits très différents de l'Angleterre. Il constate aussi que la succession de fossiles, d'une couche à l'autre, est toujours la même. Cela lui permet de repérer la succession des roches sédimentaires et d'en faire une carte, montrant dans quel ordre ces roches se sont déposées (cette carte, ainsi que d'autres, issues de son travail, est visible ici).

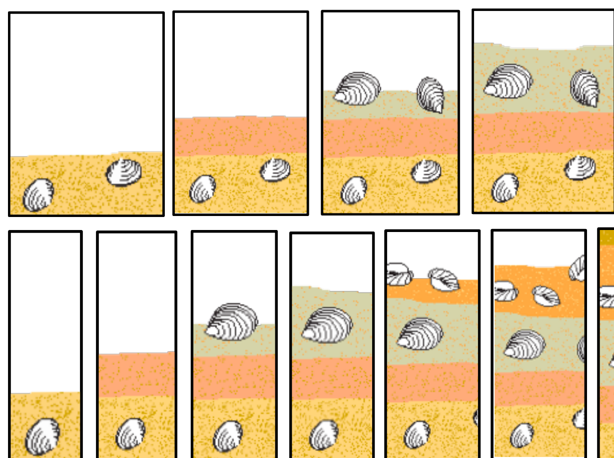
Il devient alors possible de considérer les roches sédimentaires comme étant les pages successives d'un livre racontant l'histoire des diverses formes de vie à différentes époques: les roches sédimentaires constituent des archives géologiques, car elles contiennent des fossiles variés dont on peut, par diverses méthodes, dater l'époque de formation.



Les dépôts successifs de sédiments, transformés par la suite en roches, permettent de suivre le déroulement du temps sur de très longues périodes.

L'épaisseur maximale de sédiments visibles à un endroit donné est de 2,5 km (au Hells Canyon, dans le N.E. de l'Oregon, USA) mais s'il était possible de voir leur épaisseur totale, dans l'histoire de la Terre, celle-ci représenterait une hauteur de 120 km !

Ci-contre : le Grand Canyon du Colorado (USA) a été creusé par le fleuve du même nom il y a 7 millions d'années dans des roches âgées de 270 millions d'années. Le fleuve a entaillé ces roches sur une profondeur de 1300 m, dégageant des couches successives dont la plus vieille, au fond, date de plus de 1840 millions d'années. Lorsque l'on s'élève depuis le fond, il est possible de rencontrer dans certaines couches des fossiles contribuant à décrire l'histoire de la vie pendant cette période. Photo USGS.



Dans un premier site, la sédimentation créée deux couches contenant des fossiles séparées par une couche de roche sans fossiles (sable ou coulée de lave, par exemple)

Suite de dessins d'après une animation de l'université de Berkeley.

Dans un second site, éloigné du premier, on retrouve la même succession de couches et de fossiles. On en déduit que leur dépôt s'est effectué en même temps, et que ces couches ont le même âge.
Par contre, ici, la sédimentation s'est poursuivie et deux autres couches de roches, dont une contenant des fossiles, se sont formées.



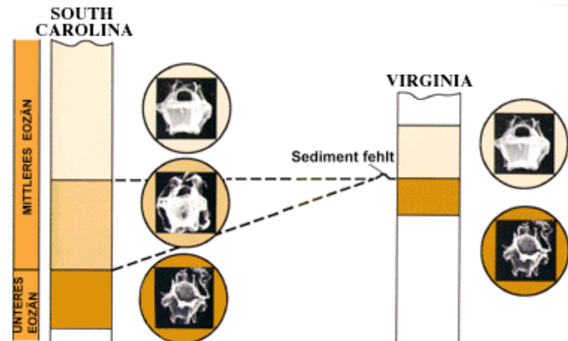
Sur le web

Karen Kaar est une artiste spécialisée dans les reconstitutions de paysages préhistoriques. Son site présente de magnifiques vues des anciennes formes de vie.

Les musées virtuels du Canada vous invitent à une chasse aux fossiles de dinosaures.

L'annuaire dinoweb regroupe des sites de paléontologie très divers.

Les reconstitutions d'animaux préhistoriques d'A. Weasley



La Caroline du Sud et la Virginie sont deux états de la côte Est des USA séparés de plusieurs centaines de km. Pourtant, une succession de couches géologiques de Caroline, contenant des fossiles microscopiques, peut être retrouvée en Virginie. Toutefois, la couche centrale de sédiments manque en Virginie: on en déduit que les sédiments correspondants n'ont pu se déposer, parce qu'à l'époque le site de Virginie se trouvait hors de l'eau alors que la Caroline du Sud était recouverte par un lac où la mer, ce qui a permis un épisode de sédimentation (et donc une couche géologique) supplémentaire.

Les précurseurs de l'évolution

Shen Kuo découvre que les roches et le climat ont varié dans l'histoire.

Entre 1070 et 1080, ce scientifique chinois utilise ses observations de l'érosion, des roches et des fossiles pour affirmer que les continents sont formés par de très lents dépôts de sédiments et que l'emplacement des mers et des océans à changé avec le temps.

Vésale montre les ressemblances entre le corps humain et celui des animaux.

En 1543, le professeur d'anatomie Vésale publie le premier livre décrivant en détail des dissections de corps humains. Vésale est intrigué par les différences, mais aussi les ressemblances, entre l'organisation du corps humain et celui des animaux, surtout utilisés jusqu'à son époque pour étudier l'anatomie.

Linnée regroupe différentes espèces dans une classification

À la suite de J. Ray en 1682, le naturaliste Linnée publie en 1735 un livre, systema naturae, qui propose une classification des êtres vivants basée sur leurs ressemblances. Il souligne ainsi que de nombreux êtres vivants partagent beaucoup de caractères communs, et il place les humains, avec les singes, dans le groupe des primates.

Buffon s'élève contre les préjugés religieux

Vers 1750, George Louis Leclerc, comte de Buffon, tente de rédiger une encyclopédie décrivant toute la biologie et la géologie de son époque. Il est un des premier à proposer que la Terre soit bien plus âgée que les 7000 ans que l'on lui donnait à l'époque (Buffon propose un âge de...70000 ans, déjà inimaginable à son époque, alors qu'il pense que la Terre est âgée d'un demi-million d'années...) et propose que les éléphants d'Afrique et d'Asie soient les descendants des mammouths dont des fossiles viennent d'être découverts, à son époque, en Sibérie.

Retour en 5éme: érosion, sédimentation et fossilisation

Souvenez-vous, c'était il y a deux ans, vous étiez en cinquième, et à la fin de l'année vous aviez commencé l'étude des paysages... Comme votre mémoire n'est pas extensible, que vous avez malheureusement égaré vos cours de cinquième et que, peut-être, votre prof, pris par le manque de temps, n'avait pas eu l'occasion de terminer le programme, autant rafraîchir un peu quelques connaissances...

Tout commence avec l'action de l'eau sur les roches. L'eau, sous ses différentes formes (glace, pluie, cours d'eau...) détruit les roches, les pulvérise, puis transporte les morceaux en les déposant au cours de son voyage, au fil des crues et selon la forme des terrains qu'elle traverse.

Parallèlement à cette casse et ce transport, les roches subissent des transformations chimiques causées par l'eau et l'air, qui aboutissent à la formation de nouveaux minéraux, comme l'argile par exemple. D'autres constituants des roches, les sels minéraux, sont simplement dissous.

La fossilisation: une exception

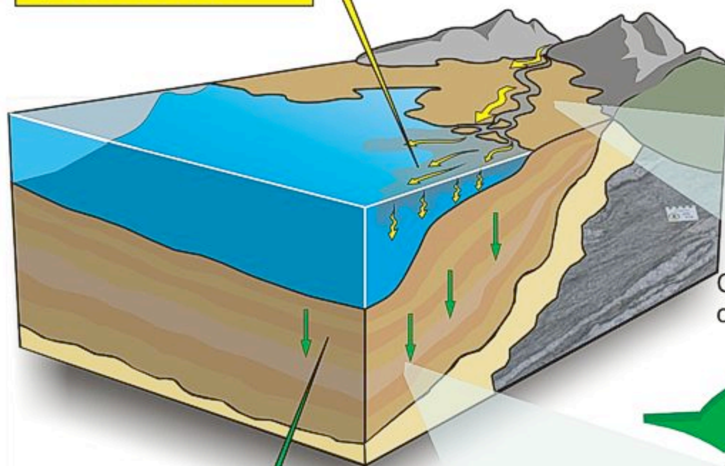
On connaît 300000 espèces de fossiles seulement pour toute l'histoire de la vie, alors que ce chiffre ne représente que 10% environ des espèces vivantes actuellement. La fossilisation est un événement exceptionnel (une animation vous en montre le processus) qui ne se produit qu'en de rares circonstances. Plusieurs études montrent que moins de 5% des ossements de gros animaux morts sont enfouis dans le sol et que la quantité de matière vivante fossilisée est, dans les meilleures conditions, inférieure à 1%.

Les sites où l'on trouve de nombreux fossiles sont donc, eux aussi, très rares et protégés.

Le schéma ci-contre représente la formation de roches à partir de sédiments d'origine montagneuse. Les sédiments abandonnés par le fleuve en cours de route forment des terrains comme les dunes de sable ridées.

Lorsque ces sédiments atteignent la mer ou un lac, ils se déposent (flèches jaunes) et leur poids croissant écrase et compacte les sédiments déjà présents (flèches vertes). En s'enfonçant, les sédiments se réchauffent, se tassent, perdent leur eau, ce qui fait précipiter des sels minéraux: une roche sédimentaire (comme le grès, qui a gardé à sa surface les rides provenant de la lointaine époque où il n'était que du sable) se forme.

À chaque époque de dépôt correspond une couche de roche sédimentaire, que l'on appelle une strate.



Si des restes d'êtres vivants sont prisonniers des sédiments, rapidement abrités du di-oxygène et des prédateurs, ils peuvent être conservés et, lentement, leurs parties dures pourront être remplacées par des sels minéraux: cette minéralisation est à l'origine des fossiles (encore plus rarement, l'empreinte d'un être vivant dans les sédiments, avec tous ses détails, pourra être conservée).

La formation des roches sédimentaires est très lente et nécessite plusieurs millions d'années.

Il existe des roches sédimentaires depuis que de l'eau coule sur Terre, il y a presque 4 milliards d'années. Toutefois, des roches si vieilles (3,8 milliards d'années pour le record, au Groenland) ont subi de nombreuses transformations qui en ont altéré les éventuels fossiles.

Comme la sédimentation se produit dans les mers, les lacs et autour des cours d'eau, la plupart des milieux où l'on trouve des fossiles sont d'anciennes mers, lacs ou bords de fleuves, marais ou rivières. Comme la sédimentation n'est pas régulière (les mers changent de niveau et d'emplacement, les lacs s'assèchent, les fleuves modifient leurs cours...); on ne dispose pas de sédiments et donc de fossiles pour toutes les époques à un endroit donné: il manque de nombreuses pages dans le livre de la vie constitué par les dépôts successifs de sédiments !

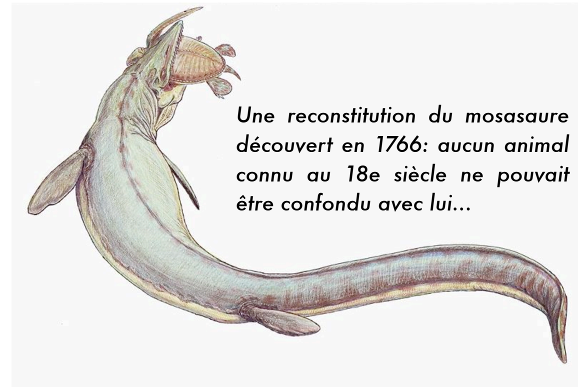


Des couches de Grès rouge de 1700 millions d'années surmontent un ensemble de galets cimentés (conglomérat, au premier plan) vieux de 1800 millions d'années sur la rive N. du lac Athabasca, au Canada.



Des strates, couches successives de roches sédimentaires, sont ici clairement visibles.

Les fossiles montrent que les espèces disparaissent et changent au cours du temps

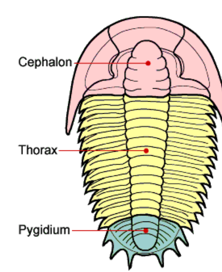


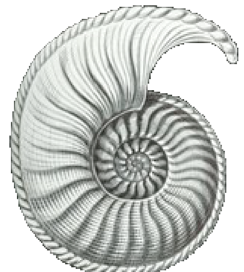
Une reconstitution du mosasaure découvert en 1766: aucun animal connu au 18e siècle ne pouvait être confondu avec lui...

L'étude des dépôts sédimentaires allait réserver des surprises. En effet, les premiers fossiles étudiés ressemblaient beaucoup à des animaux connus, même si on ne les trouvait pas "au bon endroit" (des fossiles d'éléphants en Italie, par exemple). Toutefois, en 1766, les carrières de la ville de Maastricht livrèrent des morceaux d'un fossile géant.

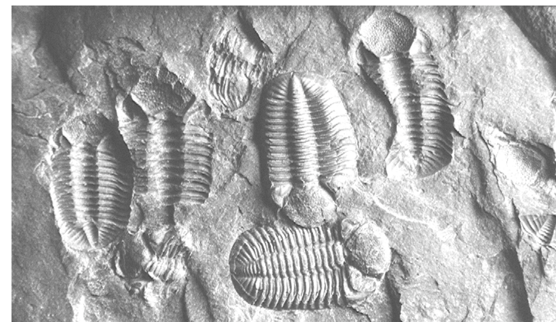
Quelques années plus tard, un deuxième crâne fossile, plus complet, fut découvert (1) puis, en 1795, alors que l'armée française assiégeait Maastricht, le fossile fut envoyé à Paris. Là, le naturaliste George Cuvier, en 1800, était un des plus grands spécialistes de l'anatomie des animaux et examina ce fossile d'un animal nommé mosasaure, et ne put que constater que cet animal n'existait plus, nulle part dans le monde. Pire encore: en étudiant précisément les fossiles des éléphants retrouvés en Europe, Cuvier parvint à la conclusion que ces éléphants étaient d'une espèce totalement différente des animaux modernes.

Les fossiles montraient donc sans aucun doute possible que de nombreuses espèces animales, voire même des groupes entiers, pouvaient avoir complètement disparu et avait été remplacés par de nouvelles espèces.





Aspect d'un trilobite (à gauche) et d'une coquille d'ammonite (l'animal qui l'habitait ressemblait un peu à un poulpe). Ces fossiles se trouvent fréquemment en groupes, comme le montrent les échantillons photographiés ci-dessous.





Ainsi, la majorité des fossiles permet de décrire des êtres vivants dont l'espèce a manifestement disparu. On peut même remarquer que plus les roches dont on extrait les fossiles sont anciennes et plus ces derniers ont une apparence surprenante, ce qui rend parfois leur reconstitution et leur étude difficile (2). Quelques exemples:



- les trilobites, des animaux marins à pattes articulées et au corps divisé en trois parties , se retrouvent en abondance (on en connaît plus de 18000 espèces !) dans des roches d'un âge s'étalant de -525 à -250 millions d'années. Dans les couches suivantes de roches, on n'en trouve plus trace: ce groupe d'espèces à complètement disparu.

ci-contre : trilobite du genre Phacops, 9 cm de long, photo R.Raynal



-Les ammonites étaient aussi des animaux marins ressemblant à des pieuvres modernes, mais vivant dans une coquille qui se fossilisait facilement. On en retrouve dans les mêmes roches que les trilobites, mais pas seulement, entre - 400 et -65 millions d'années. La variété des formes des coquilles ainsi que leur taille a permis d'identifier de très nombreuses espèces différentes. On ne trouve plus de trace des ammonites en deçà de -65 MA.

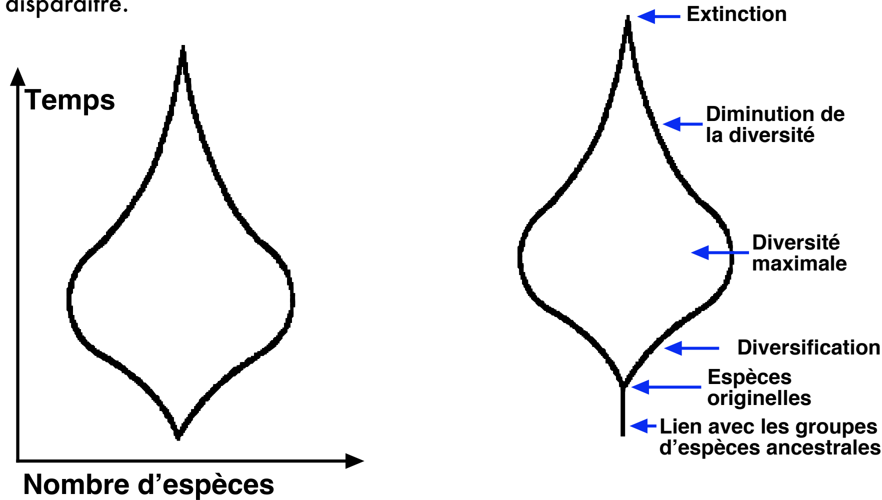
Ci-dessus : ammonite fossile, 6 cm de diamètre, photo R.Raynal

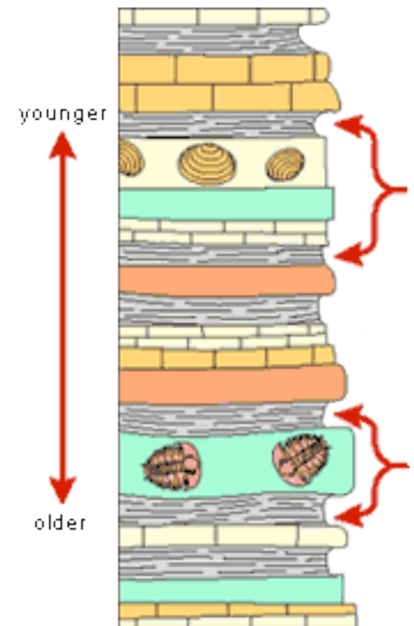
---

1 - En 1795, le propriétaire du fossile l'avait caché, mais un général français promit à ses hommes une récompense de 600 bouteilles de vin contre le fossile, qui fut alors retrouvé.

2 - De nombreux fossiles différents sont nécessaires pour corriger les erreurs: J. Cope reconstitua en 18 un animal marin en positionnant sa tête à l'envers, au bout de sa queue (C. Marsh le lui fit remarquer, ce qui lança une compétition entre ces deux scientifiques). Plus près de nous, le fossile Hallucigenia, découvert en 1909, fut d'abord représenté à l'envers, parfois considéré comme un morceau d'un fossile plus grand, puis remis " à l'endroit" en 1991...

Que ce soit pour les trilobites, les ammonites ou les autres fossiles, les paléontologues retrouvent toujours le même schéma: une espèce (ses fossiles) apparaît dans certaines roches, puis le nombre d'espèces qui lui ressemblent augmente plus ou moins régulièrement, formant un groupe d'espèces parfois très étendu. Ensuite, lentement ou brutalement, les espèces disparaissent des roches et le groupe entier peut lui aussi disparaître.

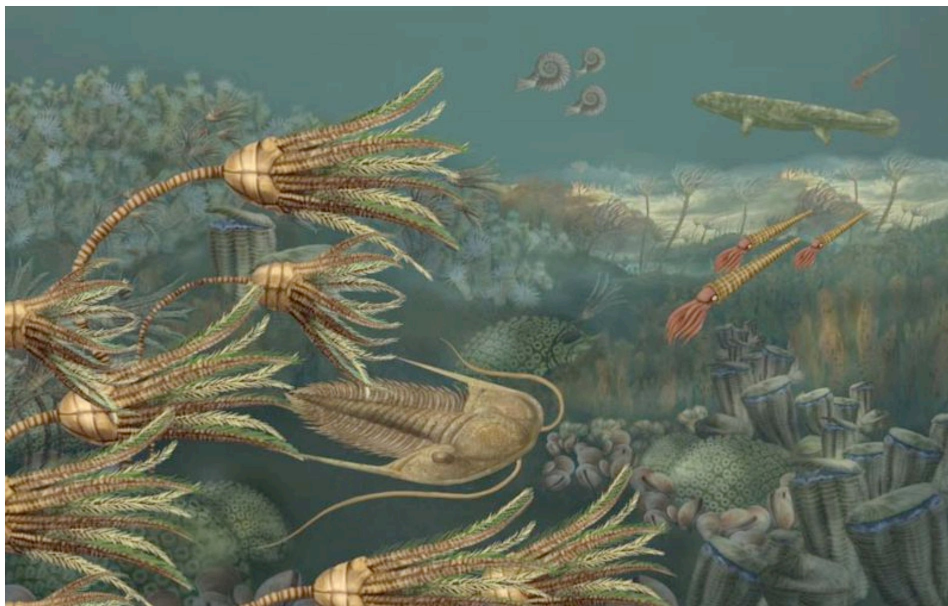




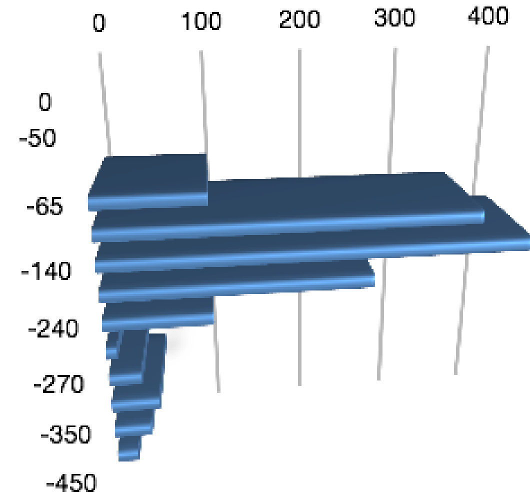
Si les sédiments n'ont pas subi de déformations notables, les plus anciens sont, logiquement, les plus profonds. On peut donc savoir quels sont les fossiles les plus vieux et les plus jeunes. Pour trouver l'âge réel des fossiles, il est possible d'utiliser la radio-activité pour dater certaines roches, d'origine volcanique (flèches rouges) qui "encadrent" les fossiles qui nous intéressent.

Si on représente le nombre d'espèces d'un groupe donné (les ammonites, par exemple) en fonction du temps, on obtient un graphique en forme de fuseau plus ou moins régulier. Ce graphique décrit comment les espèces se diversifient, puis déclinent pour parfois disparaître (ou donner naissance à de nouvelles espèces). Actuellement, certains groupes de mammifères sont très diversifiés (les chauves-souris) alors que d'autres ne sont plus représentés que par une seule espèce (nous, les humains...).

Mais qu'est-ce qui peut faire disparaître des espèces et des groupes entiers ?



La plupart des espèces (crinoïdes, animaux ressemblants à des plantes, au premier plan, trilobites et ammonites...) présentes sur cette reconstitution d'un fond marin de l'époque dévonienne (il y a 400 millions d'années environ, à quelques jours près) sont à présent éteintes. Reconstitution de K. Carr pour l'insectarium Audubon (musée scientifique de la Nouvelle-Orléans, Louisiane, USA)



Ce graphe illustre le décompte du nombre d'espèces fossiles d'ammonites en fonction du temps (en millions d'années): on peut constater qu'alors que le groupe est encore bien représenté il y a 65 millions d'années, il semble s'éteindre "brusquement" (1).

1 - Brusquement, pour un géologue, n'a pas tout à fait le même sens que pour vous: cela signifie simplement "en moins d'un million d'années..."

Les espèces meurent aussi...

A la suite des travaux de Buffon et de Smiths, les géologues pensèrent tout d'abord que seules d'épouvantables catastrophes, brutales et heureusement impossibles à observer à notre époque, pouvaient expliquer la disparition de ces espèces.

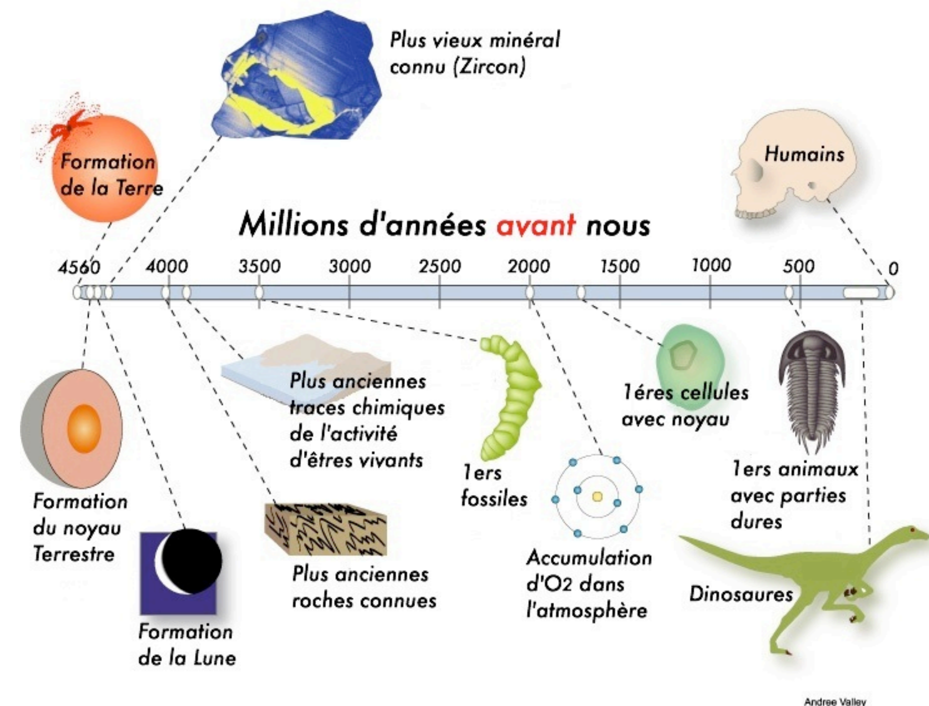
Ainsi, au début du 19e siècle, de nombreux géologues croyaient qu'une succession de catastrophes expliquait l'alternance des espèces révélée par les fossiles et s'accordait avec un âge limité de la Terre, attesté par leurs conceptions religieuses, mais aussi par des calculs de physiciens comme Joseph Fourier (1). Toutefois, dès 1790, un géologue écossais, J Hutton, avait proposé que les transformations de la Terre se soient produites très lentement, graduellement, avec les mêmes phénomènes d'érosion et de sédimentation toujours observables de nos jours. Cela impliquait, vu la lenteur de ces phénomènes à modifier les paysages, que l'histoire de la Terre ait été bien plus longue que ce qui était jusque-là envisagé.

Ce n'est cependant qu'en 1830 que le géologue Charles Lyell exprima clairement cette idée, qui commençait à s'imposer confusément chez les géologues, et la soutint grâce à de nombreuses observations publiées dans sa série de livres "les *principes de géologie : une tentative d'expliquer les changements de la surface de la Terre par des causes opérant actuellement* ». Lyell soutient que la Terre est extrêmement âgée, et mentionne même dans ses livres que l'examen patient des roches et des paysages qu'il a effectué ne montre "*ni la moindre trace d'un commencement, ni la moindre perspective d'une fin*".

Les géologues, tenant des catastrophes ou soutenant les idées de Lyell, s'accordèrent sur l'ancienneté de la Terre, et plusieurs tentatives pour dater notre planète furent effectuées, en se basant sur l'érosion des roches, la salinité des océans, sa vitesse de refroidissement (2)... Ces calculs donnaient à notre planète quelques millions d'années, quelques centaines au maximum, ce qui ne semblait pas suffisant pour la majorité des géologues et conduisait à une alternance trop rapide des espèces.

Il fallu attendre 1896 pour qu'une nouvelle source d'énergie soit découverte, la radio-activité, permettant d'expliquer les erreurs des anciens physiciens. En 1902, E. Rutherford (3) et F. Soddy découvrent qu'un élément radio-actif se transforme en un autre à vitesse constante. Trois ans plus tard, Rutherford propose d'utiliser sa découverte pour dater les roches (4). Il réalise les premières mesures en 1906 et montre que notre planète est bien plus âgée que prévu: les millions d'années ne se comptent ni par dizaines ni par centaines, mais par milliers.

Ci dessous: *chronologie «actuelle» (6), d'après A. Valley.*



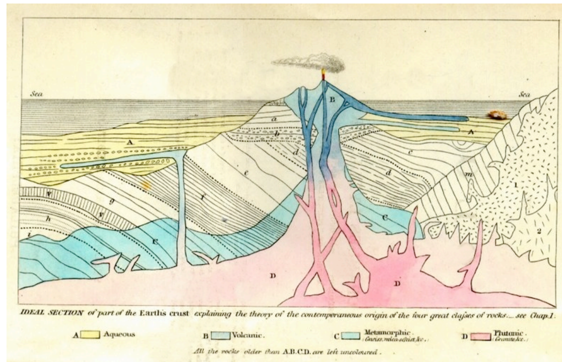
1- Fourier avait calculé, selon les connaissances de son époque, combien de temps était nécessaire pour que la Terre, initialement en fusion, se soit refroidie à sa température actuelle.

2 - Toutes ces méthodes étaient ingénieuses, mais leurs résultats erronés, car de nombreux phénomènes (tectonique, radio-activité...) étaient alors inconnus. En 1864, Lord Kelvin donnait entre 20 et 400 MA à notre planète...

3 - Oui, c'est bien le même que vous avez rencontré en physique...



Siccar Point, en Écosse, contribua aux idées de Hutton: on peut y voir une couche de roches aujourd'hui verticale (à droite et au centre, de l'eau s'y est déposée) recouverte par un ensemble de couches horizontales. Dans l'histoire de la Terre il a été nécessaire que la première couche se forme, puis se plie, puis que la deuxième se forme... ce qui réclame du temps!. Photo Dr. Ford.



Dans son livre «les principes de géologie», C. Lyell, en 1830, montrait que l'organisation des roches de la surface terrestre ne pouvait s'expliquer que si l'on faisait l'hypothèse d'une très longue période de temps nécessaire à leur évolution et à leurs transformations par des mécanismes que l'on pouvait toujours observer, mais qui agissent très lentement. Cette illustration, tirée de la deuxième édition américaine de 1857 des livres de Lyell, présente l'organisation de divers types de roches, possédant toute une longue histoire.

Un peu de vocabulaire

Naturaliste: scientifique qui, au 18e siècle, s'occupait à la fois des êtres vivants et des roches.
Botaniste: spécialiste des végétaux
Géologue : spécialiste des roches et de l'histoire de la Terre
Zoologiste : spécialiste des animaux
Paléontologue : scientifique étudiant les fossiles.

4 - Rutherford mesura la vitesse de production d'Hélium à partie de l'uranium des roches. L'Hélium n'étant pas par ailleurs présent sur Terre, plus une roche en contient et plus elle est vielle. CQFD.

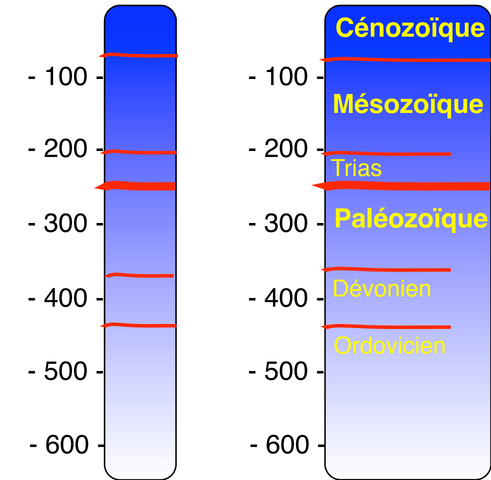
5 - Vous connaissez l'une des causes de ces changements: la tectonique des plaques, que vous avez étudiée l'an dernier, vous a montré combien la géographie de notre planète avait pu évoluer depuis son origine...

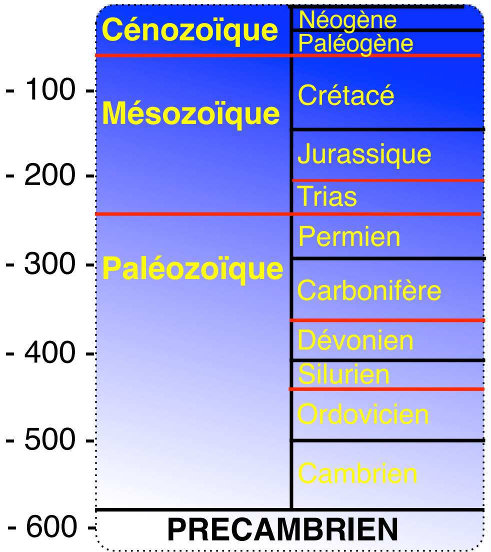
6 - et donc révisable: il est possible de découvrir dans le futur, par exemple, des fossiles plus vieux que 3500 MA ...

Les techniques initiées par Rutherford, constamment perfectionnées, montrent que la Terre est âgée de 4,3 milliards d'années, une durée inimaginable en 1830. Notre planète a donc eu de temps de vivre d'étonnants changements (1). Parmi ceux cis, la suite des fossiles montre bien de rares et brutales disparitions d'un très grand nombre d'espèces différentes : il a donc existé des événements exceptionnels à l'origine de crises qui diminuent la diversité des espèces (la biodiversité).

Ces crises sont des extinctions en masse, et elles sont suivies de périodes de rapide formation, diversification et multiplication de nouvelles espèces.

Extinction	Espèces touchées	Causes probables
- 445 MA (fin de l'Ordovicien)	1/3 des espèces d'animaux marins disparaissent, dont de nombreuses espèces de trilobites.	Refroidissement important du climat (glaciation) ?
- 360 MA (fin du Dévonien)	Les espèces de poissons marins et les coraux sont très fortement réduites. Une seule famille de trilobites échappe à l'extinction.	Impact d'une météorite ?
- 248 MA (fin du Permien)	La plus grande extinction que la Terre ait connue: 90% des espèces marines disparaissent ainsi que 75 % des espèces terrestres.	Volcanisme exceptionnel ? Modification du climat causé par la réunion de toutes les masses continentales ? Impact de météorite ?
- 206 MA (fin du Trias)	De nombreuses espèces marines disparaissent.	Impact d'une météorite ?
- 65 MA (fin du crétacé)	Extinction célèbre: les dinosaures disparaissent, mais aussi le plancton marin, les ammonites et presque toutes les espèces qui vivaient sur les fonds marins.	Volcanisme exceptionnel et impact d'une météorite de 10 km de diamètre

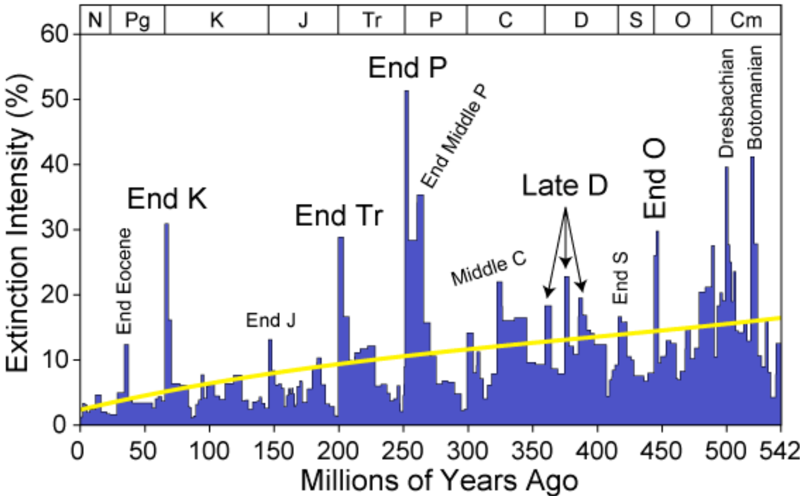




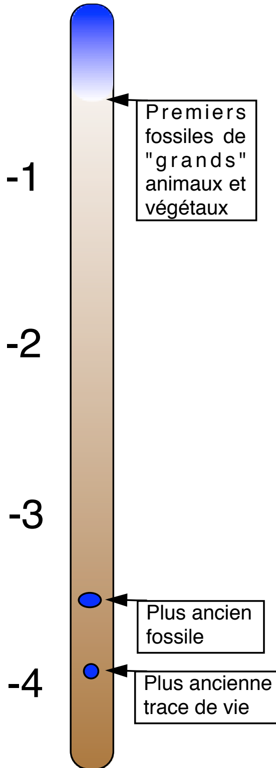
Les archives fossiles racontent donc un scénario invariable: progressivement, depuis plus de 3,5 milliards d'années, des espèces apparaissent, se développent puis disparaissent. Il se pose alors, fatalement, la question de l'origine de ces espèces.

Les extinctions massives contribuent à diviser les grandes périodes du "calendrier" géologique des derniers 600 millions d'années, durée toutefois peu étendue par rapport à l'âge de la Terre et de la vie (voir schéma ci-dessous, gradué en milliards d'années).

1- Vous connaissez l'une des causes de ces changements: la tectonique des plaques, que vous avez étudiée l'an dernier, vous a montré combien la géographie de notre planète avait pu évoluer depuis son origine...



Ce graphique (oui, en anglais, et alors ?) montre le taux d'extinction (de disparition) des espèces marines en fonction du temps, sur les derniers 542 millions d'années. Chaque «pic» correspond à la disparition d'une forte proportion d'espèces; les plus élevés, détruisant entre 20 et 60 % des espèces, correspondant à des extinctions massives. La courbe jaune représente le taux moyen d'extinction qui, heureusement pour nous, va décroissant. Les lettres du haut représentent les initiales des différentes périodes géologiques.



Résumé : Les roches sédimentaires contiennent des fossiles, restes d'anciens êtres vivants, dont l'étude montre que les espèces ont changé au cours de l'histoire de notre planète, qui est âgée de 4,3 milliards d'années.
L'alternance des fossiles révèle aussi l'existence de périodes où de nombreuses espèces disparaissent: ces extinctions massives ont servi à délimiter différentes époques géologiques.

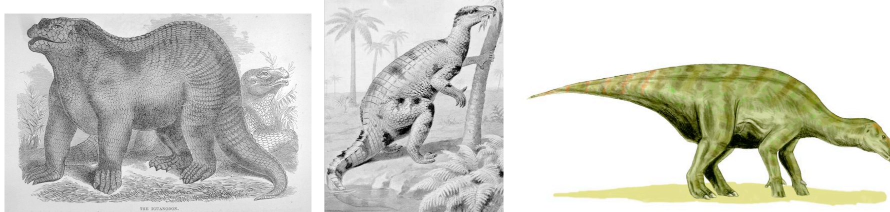
CENOZOIC ERA (Age of Recent Life)	Quaternary Period	Pecten gibbus	Neptunea tabulata
	Tertiary Period	Calyptraphorus velatus	Venericardia planicosta
MESOZOIC ERA (Age of Medieval Life)	Cretaceous Period	Scaphites hippocrepis	Inoceramus labiatus
	Jurassic Period	Perisphinctes tiziani	Nerinea trinodosa
	Triassic Period	Trophites subbullatus	Monotis subcircularis
PALEOZOIC ERA (Age of Ancient Life)	Permian Period	Leptodus americanus	Parafusulina bosei
	Pennsylvanian Period	Dictyoclostus americanus	Lophophyllidium proliferum
	Mississippian Period	Cactocrinus multibrachiatus	Prolecanites gurleyi
	Devonian Period	Mucrospirifer mucronatus	Palmatolepus unicornis
	Silurian Period	Cystiphyllum niagarense	Hexamoceras hertzeri
	Ordovician Period	Bathyurus extans	Tetragraptus fructicosus
	Cambrian Period	Paradoxides pinus	Billingsella corrugata
PRECAMBRIAN	---------		

Aspect et emplacement de quelques fossiles qui servent de nos jours à dater certaines couches géologiques

La délicate reconstitution des fossiles.

Le cinéma a popularisé, avec Jurassic Park, de magnifiques reconstitutions des dinosaures. Elles paraîtront peut-être ridicules dans quelques années, car les connaissances progressent. Il faut bien se rendre compte que les fossiles sont des restes d'animaux ou de végétaux morts, le plus souvent fragmentaires, déformés et écrasés. Il n'est pas rare que, pour reconstruire un animal complet, il soit nécessaire de "mélanger" les matériaux provenant de plusieurs fossiles.

Ainsi, lorsque les premiers fossiles d'iguanodon ont été découverts en, ils étaient si incomplets que découvreur a du imaginer l'aspect de l'animal en se basant sur un iguane moderne. Comme une espèce de corne fossile avait été retrouvée à part, il l'a placée sur le nez de l'animal. Quelques fossiles plus tard, il est apparu que cette corne était en fait une griffe, et que l'animal était bipède. Les reconstitutions actuelles, basées sur des fossiles plus nombreux et plus complets, tendent plutôt à donner l'image d'un animal quadrupède.

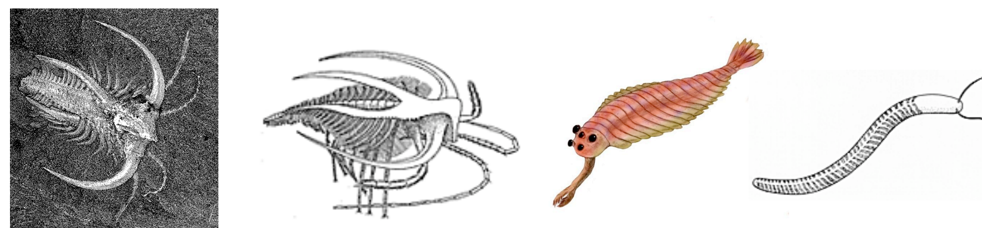


ci-dessus, trois reconstitutions successives d'un même animal, l'iguanodon (1850,1890 et actuel)

L'étrange monde cambrien

Reconstituer un vertébré est difficile, mais on dispose au moins d'une idée de l'organisation de l'animal. Il est beaucoup plus dur d'étudier des fossiles d'animaux anciens appartenant à des groupes disparus. Ainsi, le paléontologue C. Walcott découvrit en 1909, dans les roches de Burgess, dans les rocheuses Canadiennes, un ensemble de fossiles âgés de 500 millions d'années dont beaucoup ne ressemblaient à rien de connu. Walcott eu beaucoup de mal à classer ces fossiles dans des groupes connus, et ce n'est que 70 ans après ses premières études que des recherches minutieuses ont montré que ces organismes faisaient parti de groupes totalement disparus, dont les espèces possédaient une morphologie à nos yeux très surprenante.

Il y a 500 millions d'années, la diversité des formes des organismes était plus élevée qu'aujourd'hui, mais le nombre d'espèces, dans chaque groupe, était moins élevé. Ce monde étrange ne s'est révélé que lorsque les techniques d'étude, mais aussi l'état d'esprit des chercheurs, ont été assez avancés pour découvrir et imaginer des anatomies très différentes de celles que nous connaissons.



Ci-contre : quelques organismes de Burgess. De gauche à droite : fossile et reconstitution de Marella, Opabinia (5 yeux et une trompe "pince à sucre") et Pikaia, membre d'une espèce ressemblant à l'ancêtre de tous les vertébrés (dites bonjour à notre arrière arrière... grand-père - ou grand-mère...) - ORN Canada - Smithsonian.

La "découverte" des dinosaures

Des fossiles des animaux qui allaient devenir les dinosaures sont connus depuis des millénaires, mais ont été tout d'abord mal interprétés: les anciens Chinois les prenaient pour des os de dragons et les Européens pour des os de géants où d'animaux tués par le déluge décrit dans la Bible.

Ce n'est qu'en 1822 que G. Mantell, un géologue anglais, découvrit que les os d'un grand fossile récemment découvert et ceux des iguanes modernes se ressemblaient. Il appela l'animal découvert iguanodon. Par la suite, d'autres fossiles furent découverts, tout d'abord en Angleterre, puis aux États unis sous forme de traces attribuées à un oiseau géant en 1835.

En 1842, le biologiste Richard Owen compara les trois fossiles de "lézards géants" alors connus et découvrit qu'ils possédaient des caractères communs, par exemple un emplacement des membres et une posture semblable à celle des mammifères. Il inventa alors le terme de dinosaure (qui signifie "lézard terrible") regroupant les animaux fossiles possédant ces caractères, et fit réaliser par un sculpteur les premières reconstitutions, assez fantaisistes, des dinosaures. En effet, les fossiles alors connus ne comportaient que certaines parties des animaux, et il fallait pas mal d'imagination pour inventer les pièces manquantes...

Le premier squelette complet de dinosaure fut découvert aux USA en 1858. On découvrit alors que les dinosaures n'étaient pas des quadrupèdes, mais des bipèdes. Le squelette complet reconstitué de l'animal, un hadrosaure, fit sensation. Deux riches paléontologues américains travaillant dans des universités rivales, Edward Cope et Charles Marsh, reçurent par la suite des échantillons d'autres fossiles de dinosaures découverts dans le Colorado, ce qui déclencha entre eux une compétition féroce: ces spécialistes financèrent des expéditions qui explorèrent l'ouest des états unis à la recherche de nouveaux fossiles. Cope mouru ruiné en 1879 et Marsh poursuivi ses recherches. Ils ont créé les plus grandes collections de dinosaures fossiles (toujours visibles au musée d'histoire naturelle de New York et de Yale). Par la suite de nombreux autres sites, sur tous les continents, allaient livrer de nouveaux fossiles: squelettes, traces, oeufs, nids permettent de mieux comprendre ces animaux.

Les compétitions et les disputes concernant certains fossiles perdurent. Ainsi, le 12 aout 1990, la paléontologue amateur Susan Hendrickson a découvert dans le Dakota du Sud le fossile le mieux préservé du célèbre tyrannosaure, nommé Sue en son honneur. En 1997, le musée Field a acheté ce fossile aux enchères 7 millions d'euros, ce qui a déclenché une polémique pour savoir à qui appartenaient les fossiles et comment les scientifiques pourraient les étudier si leur valeur devenait si élevée...

Le cinéma a largement, bien ou mal, popularisé l'aspect et les modes de vie supposés de ces créatures passionnantes.

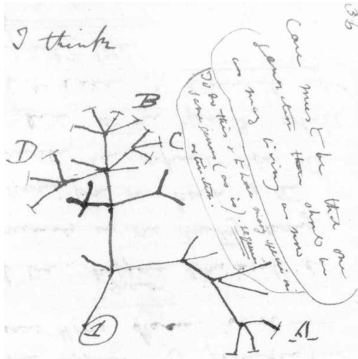
De nombreuses observations prouvent que tous les êtres vivants ont une origine commune

La comparaison des espèces montre leur parenté

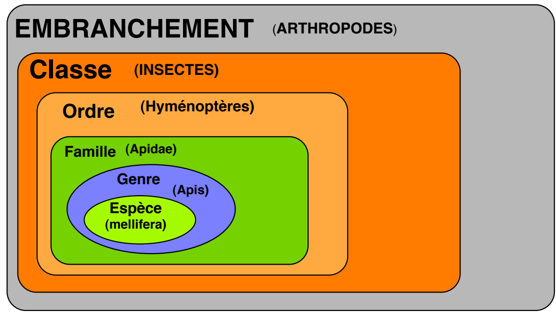
Au 17e siècle, les navigateurs européens découvraient de nombreuses espèces d'animaux et de plantes en explorant les autres continents. Pour mettre un peu d'ordre dans ces découvertes, il devenait urgent de créer un système de classification permettant de ranger, de nommer, de retrouver les nouvelles espèces récemment découvertes. À cette époque, les systèmes de classification connus provenaient de quelques auteurs grecs (1) qui s'étaient basés sur l'utilité des différentes espèces (plantes médicinales, aromatiques...). Les humains étaient rangés à part. En 1735 un botaniste (2) suédois, Karl Linnée, imagina un système de classification basé sur un regroupement progressif des espèces en fonction de leurs ressemblances. Pour regrouper les êtres vivants, Linnée se basait sur des critères, des caractères facilement observables. Bien que les critères aient changé, ce type de classification, qui regroupe les êtres vivants dans des ensembles emboîtés, est celui qui est toujours utilisé et que vous avez appris en sixième. En établissant cette classification, il devint évident que des espèces différentes partageaient, dans un même groupe, des caractères communs. Bien que ces caractères identiques soient connus depuis longtemps, le travail de classification permit de montrer que c'était une caractéristique générale partagée par tous les êtres vivants. Il restait à expliquer ces ressemblances.

La première tentative (3) vint d'un naturaliste français, le chevalier de Lamarck, en 1801 (4). Cet expert de la classification des mollusques, des vers et des insectes (c'est lui, avec l'Allemand Treviranus, qui a inventé le mot "biologie" pour désigner la science traitant des êtres vivants) remarqua un ensemble de changements, d'évolutions entre des fossiles de mollusques et les mollusques vivants qu'il avait regroupés dans sa classification. Il proposa que de nouvelles espèces se formaient lorsque, leur milieu de vie changeant, les animaux et les plantes devaient s'adapter en modifiant, génération après génération, leurs organes et leur apparence. Il crut voir un sens dans cette évolution, qui se serait faite des formes les plus simples vers les plus complexes (cf. p. 17), mais il ne proposait pas d'explication quant au mécanisme qui permettait aux êtres vivants de s'adapter à leur milieu, sinon qu'en proposant qu'un organe très utilisé se développe alors qu'un autre, peu utilisé, régresse et disparaisse (5). Lamarck fut très critiqué par ses contemporains, mais il fut le premier à publier clairement l'idée, appuyée par des observations des êtres vivants et des fossiles, que les espèces étaient sujettes à une évolution dans le temps.

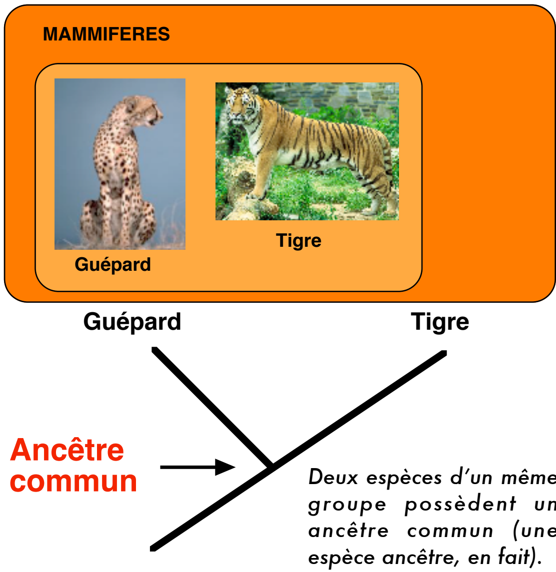
Pour établir, étudier et prouver l'existence d'une évolution du vivant, il fallait s'appuyer sur tout un ensemble d'observations irréfutable et proposer un mécanisme expliquant comment se faisait cette évolution. Ce sont deux naturalistes anglais, grands voyageurs, Alfred Russel Wallace et Charles Darwin (6) qui accumulèrent des données pendant des dizaines d'années avant de démontrer l'existence d'une évolution du vivant et de proposer un moyen d'en expliquer les mécanismes. Leurs idées sont simples: les ressemblances entre espèces sont dues à l'existence d'un ancêtre commun à toutes ces espèces. Cela semble logique, car que veut dire faire partie de la même famille ? Cela signifie que l'on partage les mêmes ancêtres. Darwin, pour la première fois, intègre clairement l'espèce humaine dans le processus de l'évolution.



L'idée d'un arbre "généalogique" des espèces a été émise par Darwin (ci-contre, une page d'un de ses carnets).



Un être vivant (ici l'abeille) est classé dans des groupes de plus en plus petits, jusqu'à arriver à l'espèce.



Deux espèces d'un même groupe possèdent un ancêtre commun (une espèce ancêtre, en fait).

MAMMIFERES

Guépard Tigre Oreillard

Oreillard Guépard Tigre

Ancêtre commun A

Ancêtre commun B

Tous les mammifères (même l'oreillard et le Tigre) partagent donc un ancêtre commun (B), mais celui-ci est plus ancien que l'ancêtre A qui lui n'est commun qu'à deux espèces précises de mammifères.

1 - Vous brûlez de connaître leurs noms, pas vrai ? C'était Théophraste, Dioscoride et Pline...

2 - Identifier sans erreur une espèce est indispensable pour les plantes utilisées comme médicament...

3 - Le philosophe Kant, le biologiste Buffon et le géologue Hutton avaient eux aussi eu l'idée d'une évolution des espèces, mais ils n'avaient pas cherché à la développer ou à la soutenir par une masse d'observations.

4 - Le développement de cette idée était favorisé par le rôle moins important de la religion après la Révolution française de 1789.

5 - Cette idée paraît logique (un muscle entraîné grossit) mais vous savez que ce type de caractères, acquis, ne se transmet pas à la descendance... Ce qui était inconnu à l'époque de Lamarck !

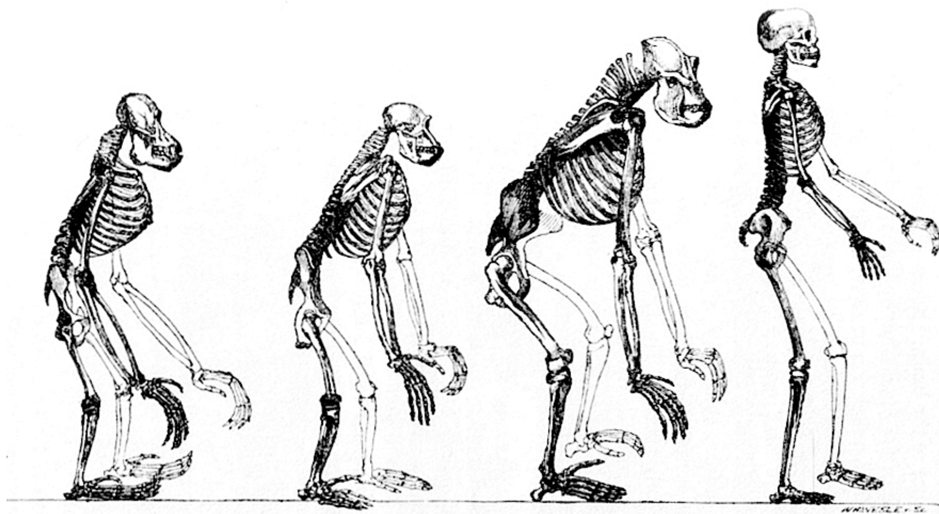
6 - Darwin fut le premier à publier ses idées, Wallace, qui était seul parvenu aux mêmes conclusions, défendit avec enthousiasme les travaux de Darwin, une attitude très rare en sciences.

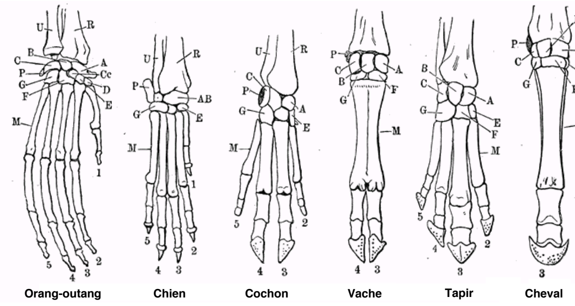
Une idée de famille...

Il y a plus qu'une simple relation de ressemblance dans notre classification. Je pense que ce plus est... la parenté de la descendance, seule cause connue de ressemblance des êtres organiques.

Charles Darwin

La même idée avait été avancée 64 ans plus tôt par le grand-père de Charles Darwin, le médecin Erasmus Darwin...



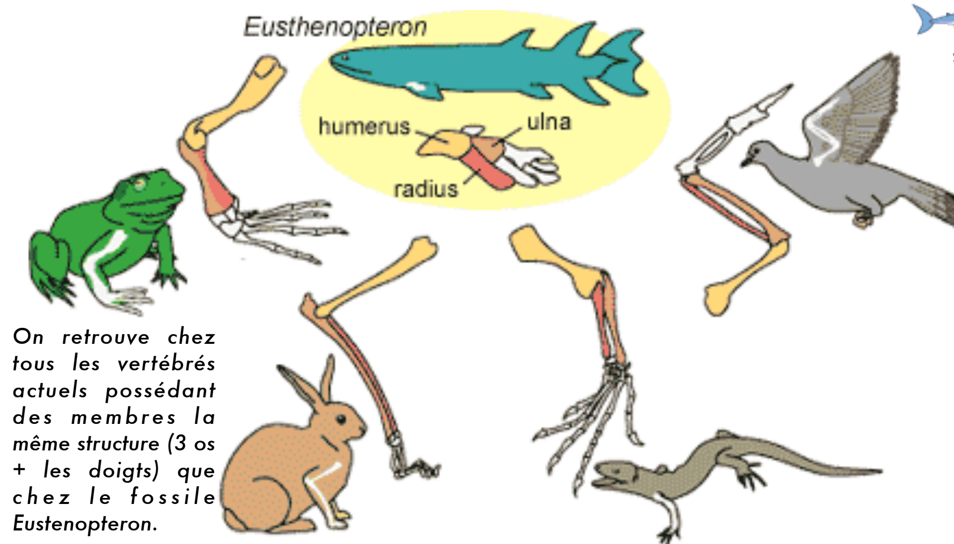


Les os de la "main" de mammifères actuels très différents montrent en fait des variations (doigts réduits, soudée, plus ou moins longs...) autour d'une même structure commune.

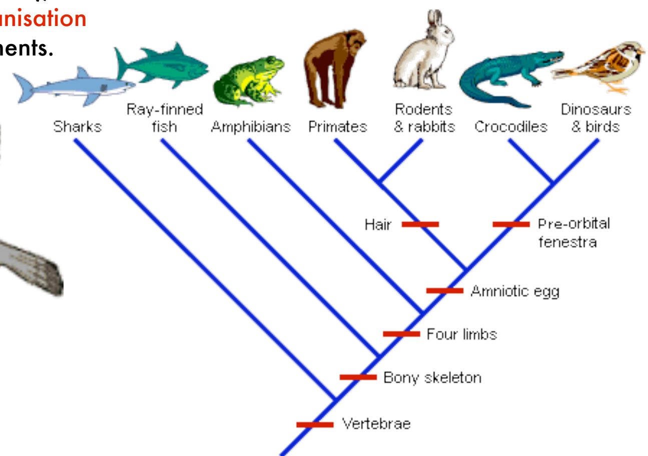
Ainsi, si l'on compare par exemple la structure du squelette de l'orang-outang, du chimpanzé, du gorille et des humains on constate que ces quatre espèces possèdent le même plan; on retrouve les mêmes os aux mêmes emplacements, seules les proportions diffèrent. On peut donc supposer que ces quatre espèces partagent un ancêtre commun.

Des comparaisons de l'anatomie d'espèces très différentes sont aussi instructives:

La disposition des os des membres chez les mammifères (terrestres, marins et volants), les oiseaux, les lézards et les grenouilles permet de découvrir une même organisation d'ensemble: tous les membres sont constitués des mêmes os aux mêmes emplacements.



On retrouve chez tous les vertébrés actuels possédant des membres la même structure (3 os + les doigts) que chez le fossile Eustenopteron.



On peut ainsi reconstituer les ancêtres communs successifs de vertébrés actuels. Les traits rouges signalent les caractères partagés par tous les descendants de l'ancêtre (la "pre orbital fenestra" est un trou dans le crâne).

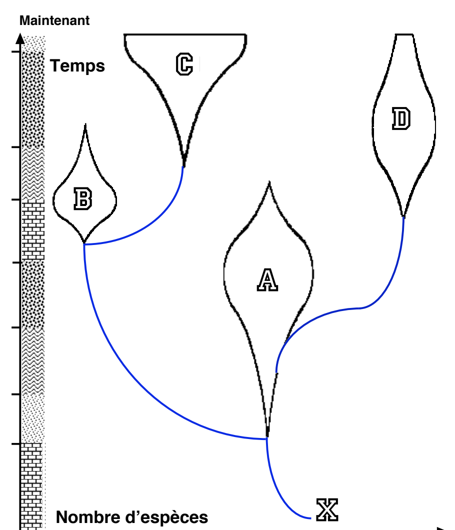
Les fossiles permettant aussi de comparer des espèces disparues aux espèces actuelles : on retrouve là aussi des structures communes. Les fossiles permettent de remonter dans le temps vers l'ancêtre commun (1) à plusieurs espèces. On peut même comparer entre elles des espèces fossiles, pour peu qu'elles soient assez nombreuses, comme les ammonites par exemple.

Ces études confirment l'hypothèse de la parenté entre espèces et groupes: la répartition des ressemblances dans le temps permet d'établir la parenté des différentes espèces.

Ainsi, la comparaison des os fossilisés de plusieurs fossiles permet de repérer et d'étudier les ancêtres communs aux différents cétacés modernes, par exemple (voir page 11).

Il devient alors possible de reconstruire des "arbres généalogiques" montrant comment les espèces et les groupes se sont formés (2).

Toutefois, les ressemblances anatomiques ne sont pas les seules preuves du processus d'évolution.



Au niveau des espèces, à partir de l'ancêtre X se développe le groupe d'espèces A, disparu, qui donne naissance directement au groupe D, dont certaines espèces sont toujours actuelles. Les espèces de C proviennent de l'origine du groupe B, disparu.

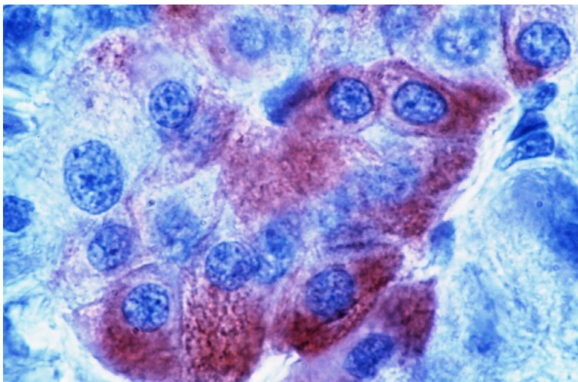
---

1 - Il ne faut pas voir l'"ancêtre commun" comme un individu, mais comme une espèce, voire un ensemble d'espèces, qui ont légué des caractères qu'ils ont été les premiers à développer à tous leurs descendants. Des fossiles qui présentent ces caractères peuvent être présentés comme"ancêtre commun",mais en fait ce sont simplement les fossiles qui présentent la combinaison de caractères la plus proche de celle attendue pour l'ancêtre commun: ils ressemblent à cet ancêtre, mais on ne peut jamais être sûr que c'est bien la "bonne" espèce ancestrale...

2 - Pour cela, on doit étudier la variation de caractères visibles clairement même sur des fossiles. C'est pour cela que certains caractères peuvent vous sembler assez "capillotractés", comme par exemple la forme d'un os de l'oreille ou la présence de certains trous dans le crâne.

Les cellules et les gènes confirment l'origine commune de tous les organismes vivants.

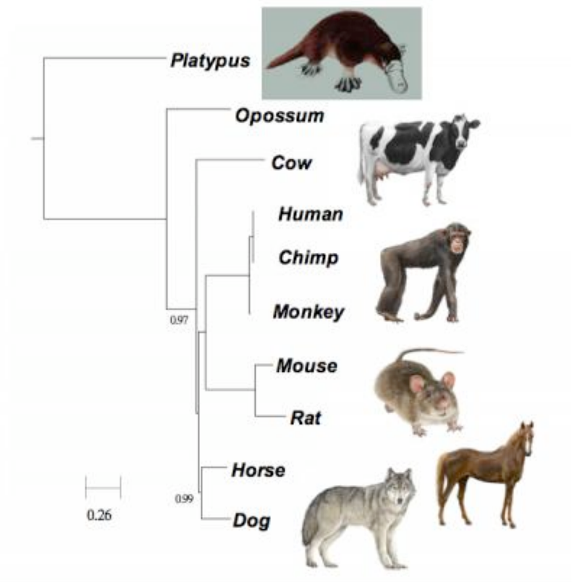
Vous avez déjà réalisé plusieurs observations microscopiques qui vous ont montré les différentes cellules qui composent les organes. Mais pouvez-vous, simplement en regardant ces cellules, dirent de quels animaux elles proviennent ? A moins de lire l'étiquette de la préparation, ce n'est pas possible: tous les animaux sont constitués de cellules qui se ressemblent étrangement. C'est là un point commun majeur, si l'on y réfléchit: quel que soit l'animal que l'on examine au microscope, on trouve toujours des cellules qui se ressemblent, comportant noyau, membrane et cytoplasme. Les cellules d'un muscle humain, d'un muscle de souris ou de vers de terre sont identiques... Et pour les végétaux? Bien que leurs cellules possèdent quelques différences avec celles des animaux (1), on retrouve chez eux aussi la même constitution générale.



A qui appartiennent ces cellules pancréatiques? Un humain? Un rhinocéros? Un dauphin? Un dahut? Elles ont le même aspect chez tous les vertébrés (7)... Pourquoi donc ?

Comment expliquer cette observation surprenante: tous les êtres vivants sont constitués de cellules qui se ressemblent ? La seule explication consiste à dire que tous les êtres vivants partagent une origine commune: tous les êtres vivants ont pour ancêtre commun des êtres vivants unicellulaires dont on a pu identifier, difficilement, les formes fossiles dans des roches âgées de plusieurs milliards d'années. Là, vous allez bondir sur votre chaise (2) et vous exclamer avec indignation et curiosité "et les bactéries alors ?" (3). L'étude de ces dernières montre qu'elles possèdent aussi de nombreux points communs avec les unicellulaires. Il a donc existé, au début de la vie sur notre planète, un ancêtre commun aux bactéries et aux cellules, ancêtre qui devait d'ailleurs davantage ressembler à une bactérie (4).

Parmi les points communs entre unicellulaires et bactéries, il en est un qui doit vous rappeler quelque chose: les gènes. Leur étude a permis de découvrir de nouveaux points communs à tous les êtres vivants. Ainsi, tous les animaux, tous les végétaux, toutes les bactéries et même d'autres groupes d'êtres vivants plus ou moins microscopiques aux noms imprononçables (5) ont des gènes faits de la même molécule: l'ADN (6).



La comparaison des gènes d'organismes d'espèces différentes a permis de réaliser des arbres «généalogiques» de ces espèces (ici, les mammifères). Bien que cette approche ait permis de découvrir des erreurs causées par le fait que des espèces peuvent se ressembler seulement à cause de leur milieu de vie commun, elle confirme et précise les observations réalisées en se basant sur d'autres caractères: les gènes racontent l'histoire de la vie, et cette histoire est bien, dans ses grandes lignes, celle découverte avant qu'on ne puisse les utiliser. Les différences entre gènes sont une preuve supplémentaire de la réalité de l'évolution. Document du laboratoire de K. Sung-Hou, Université de Berkeley.

Mais il y a plus extraordinaire encore. À partir des années 2000, de nouvelles techniques ont permis de "lire" les gènes sur l'ADN, et de les comparer entre espèces différentes. On a alors découvert que les êtres vivants possèdent en commun un très grand nombre de gènes, et que plus les êtres vivants se ressemblent et plus leurs gènes sont voisins.

Espèces	chimpanzé	souris	chien	poulet	mouche du vinaigre	vers de terre	Oursin
% de gènes communs avec les humains	99%	99%	75%	70%	66%	36%	28%

Le "bon sens" est trompeur.

Lorsqu'on a dit pour la première fois que le soleil est fixe et que la Terre tourne autour de lui, le sens commun de l'humanité a déclaré que cette conception était erronée, mais comme tout philosophe le sait, le vieux dicton "vox populi, vox dei" ne peut être pris en compte en science"

Charles Darwin

1 - Vous étudierez cela l'an prochain (on peut le penser, car si vous avez lu ce manuel jusque-là, c'est que vous êtes largement assez bon pour aller en seconde...)

2 - C'est pour cela qu'il ne faut pas jouer à se pencher sur sa chaise, comme vous le disent vos profs (si vous utilisez un tabouret, un pouf ou que vous lisez cela sur un portable bien installé dans votre lit, passez votre chemin)

3 - Du moins, ceux qui ont lu attentivement ce manuel...

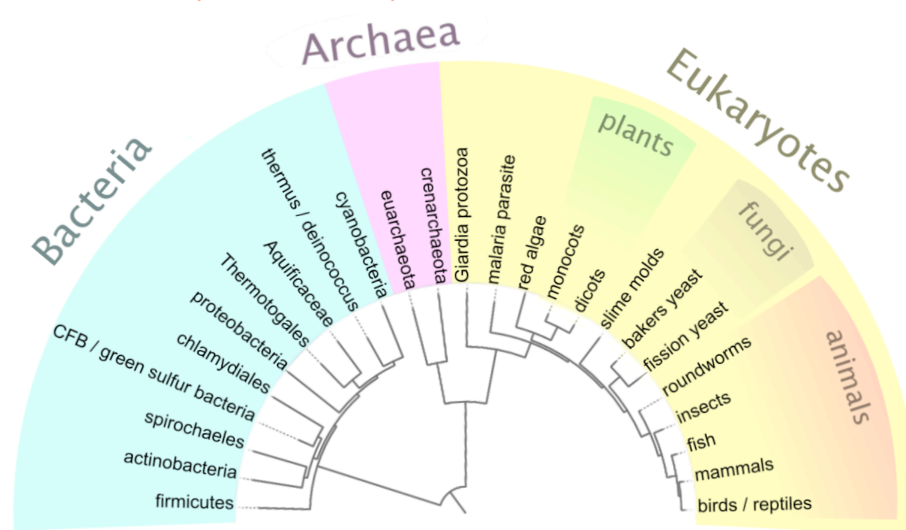
4 - Ce point sera éclairci en seconde, vivement l'an prochain !

5 - Opistochontes (dont nous sommes, avec les champignons entre autres), excavobiontes, discristés, alvéolates, Rhizariens et autres amoebozoaires... Voilà de quoi renouveler votre stock d'insultes!

6 - Où Acide DésoxyriboNucléique, que partout ailleurs dans le monde vous entendrez appeler DNA. Vous étudierez cette molécule fondamentale en seconde.

7 - Ce sont, en fait, comme vous l'aviez deviné, des cellules d'un pancréas de lapin...

Les spécialistes de l'étude des gènes ont pu ainsi construire eux aussi des "arbres généalogiques" des espèces, basés sur les % de différence entre les gènes. Bien que leur travail ait permis de corriger certaines erreurs liées à l'adaptation à un même milieu (1), les arbres généalogiques qu'ils ont découverts sont similaires à ceux établis par la comparaison des autres caractères; les gènes confirment la majorité des résultats obtenus par les méthodes plus anciennes, les améliorant encore.



L'étude de plusieurs gènes a permis de construire cet arbre montrant les relations ancestrales entre l'ensemble des êtres vivants. Si les divers grands groupes de bactéries ou d'archées vous sont inconnus, ce n'est pas le cas des principaux groupes d'animaux (à droite). Cet arbre confirme l'essentiel des informations déduites d'autres moyens d'étude des organismes. Schéma de Madeleine P. Ball, étudiante à l'université d'Harvard.

Non seulement de nombreux gènes sont identiques entre espèces différentes, mais l'organisation et le fonctionnement des gènes sont souvent identiques: les gènes qui contrôlent le développement des embryons de souris sont les mêmes, organisés de la même façon que ceux qui fonctionnent chez les humains. Plus étonnant, on retrouve ces gènes chez... les mouches! (2). De plus, l'étude des gènes a permis de découvrir les traces des histoires évolutives des espèces et de la façon dont se produit l'évolution.

L'ensemble des points communs (anatomie, fossiles, cellules, ADN, gènes, développement....) entre espèces indique donc clairement une origine commune pour l'ensemble des êtres vivants.

....

1 - Dans un même milieu, des espèces très différentes peuvent développer, chacun de leur coté, les mêmes caractères. Par exemple, les requins, les baleines, les maquereaux et les pingouins possèdent la même forme "en fuseau" liée à leur déplacement dans l'eau, mais qui ne signifie pas qu'ils sont tous étroitement apparentés. Cet exemple est simple, mais il en existe d'autres (chez les fleurs en particulier) que personne ne soupçonnait avant l'étude et la comparaison des gènes.

2 - Des détails en seconde (oui, encore, je sais, mais la seconde est une classe très importante...)

De nos jours, les scientifiques qui défendent l'idée d'évolution ne risquent pas (en général) leur vie. Dans l'histoire des sciences, tous n'eurent pas cette chance! Ainsi, le philosophe italien Lucilio Vanini, en 1615, dans son livre Admirantis narurae, parmi d'autres hypothèses, présente celle selon laquelle «*quelques athéistes de bon esprit (...) on pensé que l'homme venait de la semence des guenons et des singes, laquelle, se cultivant petit à petit, en vient à se perfectionner et à prendre la forme d'Homme.*». À cause de ses idées, Il est jugé par l'inquisition catholique à Toulouse en 1619, accusé de ne pas croire en Dieu (et d'être homosexuel, tiens, en plus) et condamné à avoir la langue coupée avant d'être étranglé puis brûlé. La sentence a été exécutée Place du Salin, à Toulouse, le 9 février 1619. Gabriel Barthélemy de Gramond, 24 ans plus tard, décrit ainsi son exécution « *Avant de mettre le feu au bûcher, on lui ordonna de livrer sa langue sacrilège au couteau: il refusa; il fallut employer des tenailles pour la lui tirer, et quand le fer du bourreau la saisit et la coupa, jamais on n'entendit un cri plus horrible; on aurait cru entendre le mugissement d'un boeuf qu'on tue. Le feu dévora le reste, et les cendres furent livrées au vent.* »

Pendant le cours

Questions d'élèves

Les élèves du premier rang: "*comment on connaît l'âge des roches ?*"
L'âge réel des roches est connu par l'étude de leur radio-activité. Comme on connaît la vitesse avec laquelle un atome radioactif A se transforme en un autre atome B, la mesure des proportions entre A et B nous donne l'âge de la roche.

Guiness fan: "*c'est qui le plus vieux fossile ?*"
Les fossiles les plus anciens ne sont pas spectaculaires: ce sont de simples traces microscopiques dans des roches très anciennes. Les plus anciens fossiles connus sont des restes d'activité bactérienne datés de 3,8 milliards d'années.

L'artiste: "*Les dinosaures, comment on connaît leur couleur ?*"
Et bien justement, on le la connaît pas ! Les artistes se basent sur les couleurs des animaux actuels les plus ressemblants (par leur milieu et leur mode de vie) pour réaliser leurs reconstitutions, mais ce sont de simples suppositions, souvent logiques, mais qui n'ont rien de définitif (ainsi, des découvertes récentes montrent que de nombreux dinosaures portaient des sortes de plumes, ce qui conduit à en réaliser des reconstitutions plus colorées que par le passé...)

Le témoin de Jéhova :"*J'ai lu un livre où y disent que les fossiles c'est des bobards, qu'en fait il y a eu Adam et Eve et c'est tout.*"
Il ne s'agit certainement pas d'un livre de science, mais de croyance. Les gens sont libres de croire ce qu'ils veulent, même qu'un monstre en spaghetti volant a créé le monde hier matin. La Science se préoccupe des faits, et les faits et la raison imposent l'existence de l'évolution des espèces s'étant déroulée pendant la longue histoire de notre planète. Lorsque les découvertes scientifiques semblent s'opposer aux croyances, cette opposition ne concerne pas (ou ne devrait pas concerner) les scientifiques, mais ceux qui ont du mal à comprendre que les croyances (qui évoluent, elles aussi) ne sont pas des absolus...



Des films pour réfléchir

La série documentaire:
- sur la terre des géants (paléozoïque)
- sur la terre des dinosaures (mésozoïque)
- sur la terre des monstres disparus (cénozoïque)

Le film Procès de singe, 1960, de S. Kramer.

Pour rire: Evolution, de I Reitman, 2001

La guerre contre "Darwin".

L'enseignement de l'évolution souvent remis en question.

Dès que vous ferez des recherches sur internet en cherchant des informations sur l'évolution, vous allez tomber sur de nombreux sites intitulés "mensonges de l'évolution" ou "vérité de la création" qui affirment que l'évolution n'a jamais existé. Pourquoi de telles réactions ?

Lorsque Darwin a publié son livre, l'idée d'évolution existait déjà, sous plusieurs formes. Il a rassemblé les différents indices de l'évolution, proposé un mécanisme (ce qui manquait auparavant) et décrit en détail les conséquences de l'existence de ce mécanisme, la sélection naturelle. Cette idée d'évolution généralisée des êtres vivants, l'homme y compris, s'opposait à une création spéciale de la vie et des humains par un dieu. Dès lors, ceux qui croient chaque ligne de leurs livres sacrés se sont sentis attaqués par la réalité de l'évolution, qu'ils ont symbolisée par son fondateur le plus célèbre, Darwin. Au fil du temps, une véritable guerre s'est engagée contre l'idée d'évolution.

En France, les idées de Darwin ont été plutôt mal accueillies, car le hasard qui gouvernait l'évolution était vu comme un obstacle aux conceptions religieuses (et, en plus, Darwin avait le mauvais goût d'être Anglais). Cette opposition continue de nos jours, mais elle est peu intense, alors qu'elle peut être plus vive dans le reste de l'Europe et dans des pays dont le gouvernement est basé sur la religion (on peut toutefois remarquer que l'enseignement de l'évolution au collège, en France, date de moins de dix ans...)

L'opposition la plus vive se situe aux états unis (ainsi que dans d'autres pays comme l'Australie), où un célèbre procès a eu lieu en 1925 contre un professeur enseignant l'évolution (il y eut en fait 37 projets de loi entre 1921 et 1937 pour interdire l'enseignement de l'évolution aux USA, le dernier procès en date ayant eu lieu à Dover en 2005).

Plus récemment, des religieux se faisant passer pour des scientifiques (leur doctrine s'appelle "intelligent design", que l'ont peut traduite par "intention divine") ont essayé de rendre obligatoire l'enseignement des légendes religieuses à l'école en parallèle à l'enseignement de la biologie de l'évolution. Les juges leur ont toujours, jusqu'à présent (le dernier jugement ne date que de juillet 2008 pour l'état de Louisiane) donné tort, mais ces religieux essayent encore, et répandent leurs idées dans d'autres pays.

En fait, la plupart des opposants religieux à l'idée d'évolution ont du mal a accepter l'animalité des êtres humains, le fait que nous soyons des singes, cousins des chimpanzés avec qui nous partageons des ancêtres. L'opposition entre ces religieux et les scientifiques repose en fait sur la vraie place de l'homme dans le monde réel (voir exercice truc madeleine): alors que les religieux voient les humains comme un sommet possédant en lui un morceau de divinité (version "je suis le roi du monde"), l'évolution nous enseigne plutôt que nous ne sommes qu'un incident de l'histoire évolutive des primates...



Hors programme

D'autres points communs entre organismes confirment la réalité de l'évolution.

Le développement des embryons

L'étude de la formation et du développement des embryons de vertébrés montre que les premières étapes de ces processus sont très semblables chez les différentes espèces. Par exemple, tous les vertébrés ont des vaisseaux sanguins qui forment plusieurs arcs de part et d'autre de la tête. Ces arcs sont toujours présents chez les animaux à branchies adultes alors qu'ils sont ensuite profondément modifiés chez les autres vertébrés.



Les ressemblances entre embryons sont des indices fiables: plusieurs spécialistes des embryons avaient remarqué dès 1850 que des animaux marins qui vivent fixés et ressemblent à des sacs, les tuniciers (ci-contre, une colonie de Botrylloides, tuniciers de couleur orangée) , ont des "embryons" (des larves) qui possèdent un axe qui ressemble beaucoup à celui observé au début de la formation de la colonne vertébrale chez les vertébrés. Ce caractère commun embryologique laissait penser que les vertébrés et les tuniciers possédaient un lointain ancêtre commun. Cette idée a été plus récemment confirmée par la comparaison des gènes des tuniciers et des vertébrés.

On peut également remarquer que les embryons des cétacés commencent par développer des bourgeons de membres postérieurs et possèdent des narines situées au bout du museau, comme des mammifères terrestres. Au cours de leur développement, les narines se déplacent vers le sommet du crâne et les ébauches de pattes arrière disparaissent (sauf accident - voir exercice 13).

Les restes inutiles des ancêtres

De nombreuses espèces animales (et végétales aussi, mais vous êtes plus familiers des animaux, aussi je les cite davantage) conservent des structures ou des organes qui leurs sont complètement inutiles, qui ont été réduites, ou déformées, et dont la présence ne peut s'expliquer que par leur existence chez les ancêtres de ces espèces, où ces organes possédaient alors une fonction précise. Ainsi, des animaux à la vie souterraine, comme les rats-taupes ou les taupes, possèdent des yeux réduits, ou recouverts d'un repli de peau, qui sont les traces d'une espèce-ancêtre possédant des yeux "normaux". On peut citer de nombreux exemples de ces structures, dites vestigiales:

- certains pythons possèdent des os correspondant à un bassin, bien qu'ils n'aient, évidemment, pas de pattes
- la "main" et le "pied" des chevaux possèdent des restes de doigts apparemment inutiles, puisque ces animaux ne s'appuient que sur un seul doigt pour se déplacer.
- Les baleines possèdent des restes de bassin et de membres postérieurs (cet indice est traité en détail dans l'exercice 13)
- les kiwis, oiseaux marcheurs d'Australie, ne volent pas, mais possèdent des ailes rudimentaires qui restent pliées en permanence sous leurs plumes.
- Une espèce d'insectes (Apterocyclus honolulensis), ressemblant à un scarabée, possède des ailes parfaitement formées, mais qui sont recouvertes par deux parties dures et soudées: ils ne peuvent donc pas voler.
- le pissenlit se reproduit le plus souvent sans qu'une fécondation soit nécessaire (de façon asexuée, donc). Il produit pourtant encore des fleurs, et du pollen, comme ses ancêtres.

Les humains possèdent eux aussi des traces de leurs ancêtres, qui peuvent parfois se révéler douloureuses: les dents de sagesse et l'appendice sont des vestiges de nos lointains ancêtres phytophages, les vertèbres soudées de notre coccyx nous relient à des ancêtres simiesques porteurs d'une queue alors que nos ongles sont les reliques des griffes de lointaines espèces ancestrales...

L'existence de ces indices anatomiques est un indice de plus en faveur du processus d'évolution des espèces.

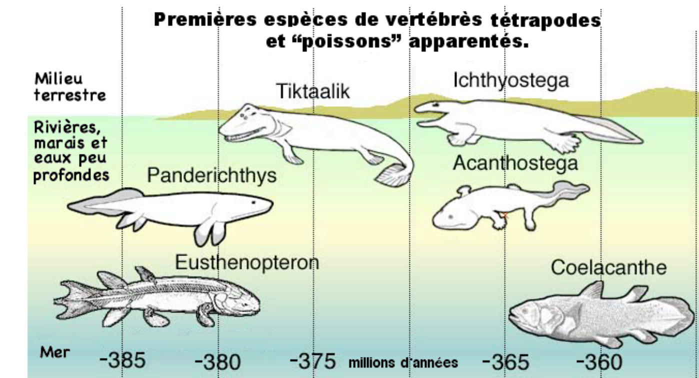
L’évolution est un fait dont les mécanismes sont observables, bien que le plus souvent très lents.

L’évolution, s’étant déroulée sur de très longues périodes de temps (presque 4 milliards d’années), n’est pas facilement perceptible à l’échelle humaine, mais ses différents mécanismes et conséquences peuvent être observés et testés expérimentalement.

Une espèce nouvelle ne naît pas de rien, mais d’espèces précédentes (1) avec lesquelles elle partage de nombreux points communs. Toutefois, pour constituer une espèce nouvelle, il faut qu’elle possède aussi des caractères nouveaux.

Quelques exemples permettent d’illustrer cette lente modification et la formation de nouvelles espèces:

- En octobre 1835, Charles Darwin, qui effectuait un voyage autour du monde, fit capturer plusieurs oiseaux, des pinsons, dans les îles Galápagos. Darwin n’étant pas un spécialiste des oiseaux, il observa les animaux et pensa qu’il s’agissait de variétés différentes d’une même espèce (un peu comme les différentes “races” de chiens). De retour en Angleterre quelques années plus tard, l’ornithologue (2) Gould annonça à Darwin que chacun de ces oiseaux appartenait en fait à une espèce distincte. Comme les pinsons ne pouvaient provenir à l’origine que de l'Amérique du Sud voisine et que les différentes espèces ne se rencontrent que dans les différentes îles des Galápagos, on doit en conclure qu’à partir de l’espèce américaine (qui se nourrissaient d’insectes) se sont formées 14 espèces différentes. Les caractères nouveaux se concentrant principalement sur la forme du bec des animaux, en liaison avec leur régime alimentaire (certains se nourrissant d’insectes, d’autres de différentes graines).
- En 1861, un étrange petit fossile est découvert dans une carrière de calcaire âgé de 150MA en Bavière. Tout d’abord pris pour un petit ptérosaure, un examen plus approfondi révèle la présence d’empreintes de plumes associées à un animal qui ressemble fort à un petit dinosaure. Les spécialistes se disputent pour en faire soit un dinosaure, soit un oiseau jusqu’à ce que le naturaliste Huxley, en 1863, le décrive comme un intermédiaire entre dinosaures et oiseaux. Progressivement, d’autres fossiles de cet animal, nommé archeaopteryx, sont découverts et de nombreux spécialistes en font l’ancêtre des oiseaux actuels, car l’animal présente des caractères dinosauriens et d’autres propres aux oiseaux. Toutefois, la découverte de nombreuses espèces fossiles de dinosaures à plumes dans les années 1990 en Chine a permis de préciser l’apparition des caractères que l’on croyaient réservés aux oiseaux dans une famille de dinosaures. Il apparaît donc que certains dinosaures ont commencé à développer des plumes, un caractère nouveau, tout en conservant de nombreux caractères de dinosaures, puis certains ont ensuite développé une aptitude au vol plané puis au vol que nous connaissons à présent chez les oiseaux. Parmi les animaux proches des ancêtres des oiseaux, c’est un fossile découvert en 2001 et nommé microraptor qui montre le mieux une transition entre certains dinosaures et les oiseaux (3). Les paléontologues ont ainsi mis au jour de nombreux fossiles montrant que les caractères actuellement présents chez les oiseaux sont apparus progressivement dans plusieurs familles de dinosaures.
- En 1929, un fossile découvert au Groenland et âgé de 370 MA montre à la fois des caractères de tétrapodes “terrestres” (avec 4 membres développés possédant des doigts) et de “poisson” (avec une nageoire dorsale). D’abord pris pour un amphibien vivant principalement sur terre, la découverte de nouveaux fossiles montre qu’en fait il s’agit d’un animal aquatique. Ultérieurement, d’autres espèces fossiles découvertes (cf. schéma ci-contre, d’après D. Souza), datant de la même période, montrent l’existence d’un ensemble d’espèces aquatiques vivant en eau peu profonde, encombrée de racines et pauvre en dioxygène, dont les pattes servent en premier lieu à se mouvoir dans ce milieu encombré (4) et qui vont, par la suite, donner naissances aux espèces de vertébrés terrestres dont nous sommes les descendants...



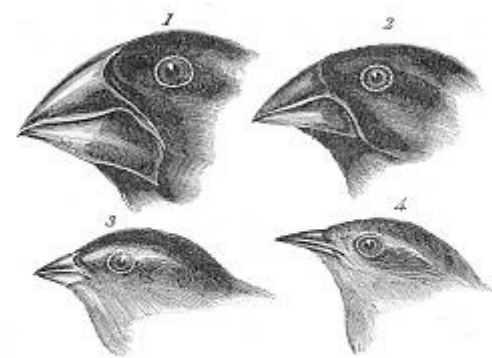
---

1 - Sauf bien entendu pour l’apparition de la vie elle-même à partir de molécules inanimées. Mais il ne s’agit plus vraiment là d’évolution, car cette dernière commence juste après la première forme de vie. De nombreux scientifiques travaillent sur ce problème fascinant, et ils ont obtenu des résultats surprenants (voir ici, et, si vous êtes courageux, là)

2 - Spécialiste des oiseaux. Rien à voir avec un autre Gould, spécialiste contemporain de l’évolution, récemment disparu, et auteur de livres remarquables.

3 - Les paléontologues considèrent aujourd’hui que le célèbre archaeopteryx n’a pas eu de descendants. Toutefois, il existe une espèce d’oiseau actuel, l’hoazin, dont le poussin montre des caractères “dinosauriens”: cet animal présente, quand il est jeune, deux griffes au bout de ses ailes...

4 - Les pattes étaient donc une solution au problème du déplacement dans les marécages bien avant de servir à se déplacer sur terre: l’évolution “bricole”, utilisant des organes présents pour de nouveaux usages...



Exemples de pinsons d’espèces différentes qui ne sont présents que sur certaines îles des Galápagos. Leurs différences, en particulier au niveau du bec, sont liées à leur alimentation. Tous proviennent d’une seule espèce arrivée sur ces îles depuis l’Amérique du Sud. Des études génétiques ont montré que les différences de formes du bec sont liées à un seul gène qui fonctionne plus ou moins tôt et plus ou moins longtemps chez les différentes espèces.



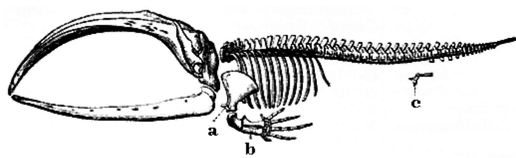


Fossile et un exemple de reconstitution du microraptor, probablement une des espèces ancêtres des oiseaux modernes.

Hors programme

Un mécanisme de l’évolution: la sélection naturelle

Il naît bien plus d’individus d’une espèce que le milieu ne peut en nourrir. Dès lors, les individus se livrent une “lutte” pour accéder aux ressources du milieu et arriver à se reproduire. Si un nouveau caractère, apparu lors de la reproduction ou par mutation, favorise la reproduction de l’individu qui le porte, alors ce caractère va être progressivement sélectionné par le milieu de vie et devenir, au bout de quelques générations, majoritaire. L’accumulation de ces différences aboutit à la formation de nouvelles espèces, produits de la variation des gènes et de la sélection par l'environnement.

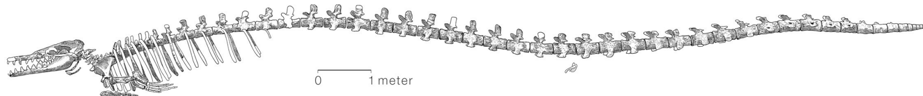


Dès le 19e siècle, au vu du squelette des nageoires des baleines (*a et b sur le schéma ci-contre, c étant ce qui reste des membres inférieurs…*) montrant la même structure qu'un membre antérieur d'animal terrestre, les spécialistes de l'évolution ont prédit que ces animaux devaient avoir eu pour ancêtres des espèces terrestres, à quatre pattes. En l'absence de fossiles, on ignorait tout de ces ancêtres hypothétiques. En 1979, le paléontologue Gingerich découvre, dans l'Himalaya, un crâne fossile (dans des sédiments âges de 52 millions d'années) qui présente des caractères (os de l'oreille, position des yeux) qui le rapprochent par ailleurs des cétacés modernes. Il nomme l'animal Pakicetus, en découvre différents autres fossiles, mais doit ensuite poursuivre ses recherches en Égypte, où il découvre un fossile étonnant ressemblant vraiment à une baleine: le Basilosaurus, grand (15 m!) mammifère marin (la forme de ses vertèbres, la présence d'une nageoire caudale, l'emplacement de ses narines le confirment) mais, ô surprise, ce grand animal possède deux pattes arrières très petites (50 cm) qui ne sont pas reliées à la colonne vertébrale. Cette espèce montre donc des caractères anciens (pattes arrière) et nouveaux (nageoires).

Il était donc possible d'imaginer les caractères qu'avaient dû posséder des espèces intermédiaires entre Pakitecus et Basilosaurus (1). Des fossiles d'une de ces espèces ont été découverts en 1994 par le paléontologue Thewissen (2). Il a nomme cet animal de 2 m, qui vécu il y a 48 MA, Ambulocetus (3). Il possédait 4 pattes fonctionnelles, mais sa colonne vertébrale montre une adaptation à la nage, ainsi que les articulations de ses pattes avant. C'était probablement un animal amphibie avec un mode de vie semblable à celui des morses actuels.

Par la suite, la recherche de nouveaux fossiles a permis de découvrir un "nuage" d'espèces montrant comment les caractères propres aux cétacés modernes se sont développés. Ce dernier exemple montre bien qu'il existe des formes intermédiaires (4) entre des groupes d'espèces aujourd'hui très différents.

Exemples	Caractères ancestraux	Caractères nouveaux
Pinsons des Galápagos	régime insectivore taille,forme, couleur du corps	forme et taille du bec, milieu de vie différent, nourriture à partir de graines
Dinosaures à plumes	Ponte des oeufs, présence de dents, déplacement rapide par course.	corps recouvert de plumes, différentes façons de voler ou de planer
Ancêtres des baleines (Pakicetus, Ambulocetus)	Quatre membres, narines au bout du museau, oreilles, vie principalement terrestre.	Réduction des membres postérieurs, vie aquatique, oreilles modifiées, narines vers le sommet du crâne.
Premiers tétrapodes	nageoire dorsale, branchies	Membres avec doigts, respiration dans l'air pour certains.



Ci-dessus : reconstitution du squelette de Dorudon. Remarquez les minuscules restes des membres postérieurs. Vous pouvez comparer ce dessin avec le squelette reconstitué photographié ci-contre et la reconstitution de l'animal sur le dessin d'A. Weasley.

1- La capacité à faire des prévisions vérifiables est une des caractéristiques de la démarche scientifique.

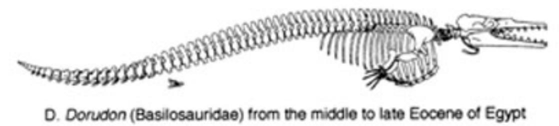
2 - Au même endroit que Pakicetus, mais 120 m plus haut… P. Gingerich est passé bien près d'une double découverte!

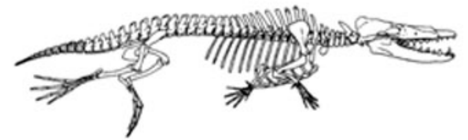
3 - Ce nom est tout un programme, car il signifie, traduit du latin, "baleine qui marche"…

4 - Ces formes intermédiaires sont des espèces qui présentent des structures que l'on ne retrouve plus que séparées par la suite, et donc de nos jours. Ychtyostega, Rhodocetus, les dinosaures à plumes sont ainsi des intermédiaires montrant la juxtaposition de structures aujourd'hui séparées dans des groupes d'espèces très différents. De nombreux intermédiaires, fossiles ou non, ont été identifiés et confortent les idées sur le déroulement de l'évolution des espèces.



Reconstitution de l'Ichthyolestes, une des espèces terrestre ancêtre des baleines. Dessin A. Weasley.









Squelette fossilisé de quelques espèces ancêtres des baleines modernes. L'animal B n'étant connu que par son crâne, on ignorait s'il était terrestre au aquatique. De nouveaux fossiles ont montré qu'il possédait des pattes. Schéma P. Gingerich.





Extraction des os fossiles et reconstitution du squelette du Dorudon. Photos P. Gingerich.





Reconstitution du Rhodocetus (animal C du schéma du haut). Avec l'autorisation de J. Klausmeyer.

Les humains sont des animaux résultant eux aussi des mécanismes de l'évolution

Dans son ouvrage de 1859, Darwin évite délibérément, par prudence et à cause du manque de fossiles reconnus à son époque, de parler des origines des êtres humains. Il est cependant évident qu'il considère qu'eux aussi, comme les autres animaux, sont des produits de l'évolution des espèces. Pourtant, dès 1857, des mineurs travaillant dans la grotte Feldhofer, en Allemagne, avaient découvert un morceau d'un étrange crâne fossile qui ressemblait à un crâne humain épais, mais comportait de gros bourrelets osseux autour des yeux. Le naturaliste Herman Schaaffhausen, un des premiers à l'examiner, négligea les restes de mammouth et d'ours des cavernes trouvés avec le crâne et affirma qu'il s'agissait des restes d'un barbare datant de l'Empire romain. Après la publication de Darwin, son collègue et ami Thomas Huxley réexamina le crâne (1) et le considéra comme un exemple probable des ancêtres "primitifs" (2) des humains modernes. Darwin se décida alors à publier un livre spécialement consacré à l'évolution et aux origines des humains: "The descent of man and selection in relation to sex" dans lequel il propose un ancêtre commun africain aux singes et aux humains (3). Le manque de fossile pour soutenir ces idées est gênant et sera comblé progressivement: dès 1886, un crâne complet et des restes du squelette d'un individu sont découverts en Belgique dans des roches qui prouvent leur ancienneté. Un an après, le spécialiste de l'anatomie Eugène Dubois s'installera en Indonésie et, au bout de plusieurs années de recherches, découvrira des morceaux de crâne fossile d'une créature qui n'est ni un humain, ni un singe, et qu'il appellera "Pithecanthropus erectus" (4). En 1895, Dubois rentre en Europe et affronte de nombreuses critiques qui ne s'apaiseront qu'avec la découverte de nombreux autres fossiles du même animal.

Depuis cette époque, de nombreux fossiles ont été découverts, permettant de caractériser une vingtaine d'espèces d'homininés (5) différents, confirmant les apports de l'anatomie, de l'étude des gènes et des autres données qui conduisent à donner un ancêtre commun aux singes et aux humains (6). Cette espèce ancestrale vivait il y a environ 6 millions d'années (7) an Afrique et à donné lieu à la formation des autres espèces d'homininés.

Parmi les fossiles, on distingue deux groupes (des genres, selon la classification) les australopithèques et les homos (8), dont certaines espèces ont vécues à la même époque. C'est seulement depuis 30000 ans environ qu'il ne reste plus qu'une seule espèce d'humains (9) appartenant au genre homo: la notre!

1 - Les deux scientifiques ont examiné le même crâne fossile, mais leurs conclusions dépendaient aussi de leurs idées et des connaissances de l'époque: en sciences, l'observation ne suffit pas et il faut toujours faire attention au contexte dans lequel une observation est réalisée...

2 - Primitif par rapport à quoi ? Il faut se méfier de ce terme, car aucun organisme n'est, en fait, "primitif", tous font preuve d'une remarquable adaptation à leur environnement, sinon ils n'existeraient pas... (voir p. 21)

3 - Ainsi qu'un nouveau mécanisme de sélection, la sélection sexuelle, qui explique pourquoi certains caractères potentiellement gênants pour l'individu (la queue du Paon n'est pas très discrète) peuvent se développer dans une espèce, car ils donnent un avantage au niveau de la reproduction (les paonnes en raffolent!).

4 - Cet organisme a ensuite changé de nom pour devenir homo erectus, qui n'a pu vous échapper dans les documentaires sur les origines des humains...

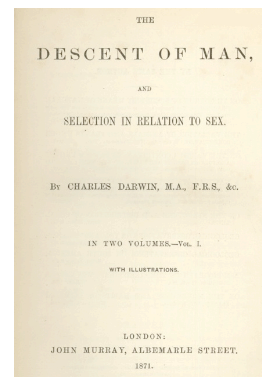
5 - Les homininés sont un groupe comprenant les deux espèces de chimpanzés et les humains (ainsi que tous leurs ancêtres communs). Ne pas confondre avec les hominidés qui contiennent, en plus, les gorilles.

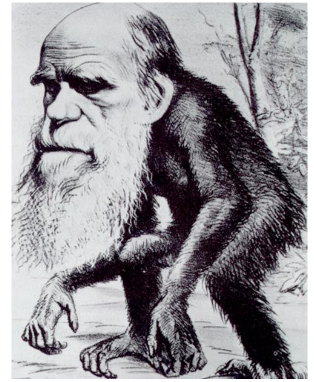
6 - Répétons donc que l'homme ne descend pas "du" singe, mais qu'ils partagent simplement tous les deux une même espèce ancêtre....

7 - Cette date ressort d'une étude récente des gènes présents sur le chromosome X. La génétique a de multiples usages...

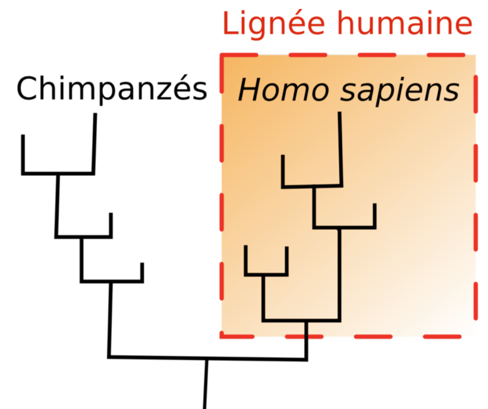
8 - On est prié de ne pas faire de jeux de mots déplacés sur ce terme...

9 - Nous appartenons donc à un ensemble en forte régression. Certains biologistes proposent d'accueillir le chimpanzé Bonobo, dont les gènes nous sont très, très proche, dans notre genre 'Homo". On se sentirait peut-être moins seul... Si vous cherchez des groupes de mammifères en pleine expansion (au point de vue nombre d'espèces différentes) vous les trouverez au rayon chauves-souris, antilopes et rongeurs. Hé oui, ce sont eux les "champions" des mammifères. On est peu de choses...

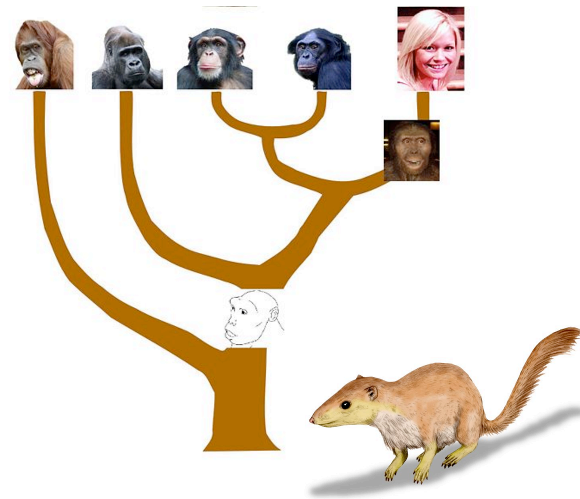

THE
DESCENT OF MAN,
AND
SELECTION IN RELATION TO SEX.
BY CHARLES DARWIN, M.A., F.R.S., &c.
IN TWO VOLUMES.—VOL. I.
WITH ILLUSTRATIONS.
LONDON:
JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET.
1871.



À la suite de la publication de "l'origine des espèces" et de "la descendance de l'Homme", Darwin fut souvent caricaturé sous forme de singe.



Depuis notre dernier ancêtre commun avec les chimpanzés, il y a 6 millions d'années, la lignée humaine a comporté de nombreuses espèces, dont une seule subsiste; la nôtre.



Cet arbre "généalogique", très simplifié (on ne représente pas les nombreuses branches éteintes) représente nos liens avec les autres espèces de singes et l'aspect supposé de quelques-uns de nos ancêtres communs, dont celui de tous les primates, une espèce de Purgatorius, datant de - 65 Ma (à cette époque, tous les mammifères ressemblaient à des musaraignes)



À RETENIR

De nombreuses observations montrent que tous les êtres vivants partagent une origine commune. Au cours de la longue histoire de la Terre, les espèces se sont progressivement différenciées et diversifiées, leur multiplication étant de temps à autre fortement réduite par des extinctions massives permettant aux espèces survivantes de se multiplier et se différencier encore. Cette évolution a concerné également l'être humain, qui partage un ancêtre commun avec les autres singes.

La méthode scientifique en action: les "faux-siles"...

La reconstitution et l'identification des fossiles sont difficiles, car on manque souvent de références, surtout s'ils sont très différents des organismes modernes. De plus, il existe des plaisantins, voire des escrocs, capables de "fabriquer" des "faux-siles" soit pour se moquer des scientifiques, soit pour gagner de l'argent. C'est là que la méthode scientifique prouve toute son efficacité: non seulement en trouvant de nouvelles données, mais en acceptant et en corrigeant aussi ses propres erreurs, comme les exemples suivants vont vous le montrer.

Eozoon canadiense, le fossile qui n'en était pas un

Au début des années 1860, un fossile appelé Eozoon canadense était considéré par Lyell (le géologue que nous avons déjà rencontré),comme «une des plus grandes découvertes géologiques de son époque ». Darwin y faisait référence dans sa quatrième édition de son livre L'origine des espèces. Cet organisme présentait l'intérêt d'être très ancien, datant du précambrien, et JW Dawson, directeur d'université, le décrivait comme étant la coquille d'un animal marin. Toutefois, les fossiles mesuraient quelques dizaines de cm alors que les animaux "modernes" correspondants sont tous microscopiques. De plus, des géologues irlandais contestèrent l'interprétation de Dawson, car selon eux ce fossile n'était qu'une roche formée sous haute pression. En 1879, le zoologue Möbius montra qu'Eozoon ne pouvait pas être une coquille fossile, et la découverte, en 1894, d'autres Eozoon dans des roches éjectées par le vésuve acheva de montrer que ce fossile était bien une roche formée en profondeur à partir du marbre. Les débats (féroces!) entre scientifiques et les études complémentaires permirent donc de découvrir cette erreur (1)

L'homme de piltdown (Eoanthropus Dawsoni), une étrange mosaïque.

En 1899, le paléontologue amateur C. Dawson (aucun rapport avec le précédent) découvrit par accident, près d'une ferme de Piltdown, à 60 km au S de Londres, un gisement contenant plusieurs fossiles (dents d'éléphants, d'hippopotames) dont des morceaux de crâne humains. L'ensemble paraissait âgé d'un demi-million d'années, ce qui faisait de ces morceaux de crânes, à l'époque, les plus anciens fossiles "humains". Continuant ses recherches avec l'aide de paléontologues réputés (Woodward et De Chardin), Dawson découvrit en 1912 un morceau de crâne et, plus loin, un fragment de mâchoire. Si le crâne était humain, la mâchoire paraissait bien être celle d'un singe (voir schéma, les zones sombres sont les morceaux retrouvés). On se trouvait donc là en présence de "l'homme-singe", ancêtre de l'homme, activement recherché. Malgré quelques doutes en France et aux USA, l'annonce par Woodward de la découverte d'autres dents fossiles acheva de convaincre la majorité. Cependant, en 1920 le paléontologue Vanderech annonça que les fossiles de Piltdow n'étaient qu'un mélange d'un crâne humain moderne et d'une mâchoire d'orang-outang. Des datations effectuées en 1953 achevèrent de démontrer que l'homme de Pildown n'était qu'un canular, un faux, ce qui semblait de plus en plus évident au fur et à mesure que les techniques d'étude des fossiles se modernisaient. Même les fossiles animaux trouvés sur le même site avaient été apportés, en fait, de Malte et de Tunisie!

Bien que l'amélioration des techniques ait permis de débusquer ce faux, l'identité du plaisantin reste inconnue. Il est probable que ce soit Dawson, ou De Chardin, mais une hypothèse étonnante implique un personnage célèbre, ami de Dawson et qui habitait à l'époque près de Piltdown: Arthur Conan Doyle, le célèbre père de Sherlock Holmes (2) !

L'homme du Nebraska (3)

En février 1922, le paléontologue amateur H Cook envoya à HF Osborn, directeur du muséum américain d'histoire naturelle, une dent fossilisée qu'il avait découverte dans des roches du Nebraska. À cette époque, Osborn s'opposait à un politicien célèbre, WJ Bryan, au sujet de la réalité de l'évolution. Osborn identifia la dent, très abîmée, comme provenant d'un "grand singe", peut être même un des ancêtres de l'homme, le premier jamais identifié sur le continent américain. Cette trouvaille devint célèbre, et certains firent même des reconstitutions de cet ancêtre, mais Osborn, bien qu'étant extrêmement vaniteux (4), reconnut ne pas être sur de lui et demanda l'aide de plusieurs dizaines d'autres spécialistes. Il lança donc une campagne de fouille du site où Cook avait trouvé la dent, et dès 1925 et 1926, ce site livra d'autres dents et d'autres traces fossiles, mieux conservées, qui montrèrent que le fameux "grand singe" ancêtre de l'Homme (que l'on avait appelé Hesperopithecus) n'était en fait qu'une espèce de Pécari (5) fossile. L'Hesperopithecus rejoint dès 1927 la liste des erreurs corrigées qui montrent l'intérêt de la démarche scientifique.

1- Ces formations purement minérales qui ressemblent à des fossiles sont appelées, fort justement, pseudofossiles.
2 - Et du Pr. Challenger, héros moins célèbre, mais qui, entre autres, découvre dans le roman "le monde perdu" une vallée peuplée de dinosaures et d'hommes-singes étrangement piltdownesques...
3 - Non, ce n'est pas le titre d'un western !
4 - Il avait même publié un livre contenant uniquement la liste de ses travaux, les photos de ses médailles et ses récompenses... (Genre "je suis le roi du monde"...)
5 - Comme vous le savez tous, le pécari est un animal ressemblant au sanglier...



Eozoon canadense. *Un fossile ? Où ça ? Photo B. Chatterton, office des ressources naturelles du Canada*

Une arnaque: Archeoraptor (Microraptor I)

En novembre 1999, la revue National Geographic annonçait la découverte en Chine d'un fossile, Archaeoraptor liaoningensis, présenté comme possédant des caractères dinosauriens et aviaires: c'était sans doute une preuve de plus de l'origine dinosaurienne des oiseaux.

Ce fossile avait été découvert en plusieurs morceaux par un fermier, "exporté" illégalement de Chine par des trafiquants et vendu (un bon prix) à un musée américain de l'Utah.

Dès la parution de la revue, les paléontologues trouvent ce fossile un peu trop parfait. En particulier,
le spécialiste Chinois Xu Xing, en étudiant ce fossile, découvrit qu'en fait il était composé de deux parties différentes juxtaposées, le milieu du corps de l'animal, non retrouvé, ayant permis cette "erreur". On se retrouvait avec la tête et le corps d'un "oiseau" fossile, inconnu à l'époque, avec la queue et les membres antérieurs d'un petit dinosaure tout aussi inconnu.
La partie "oiseau", dénommé microraptor, était un dinosaure au corps recouvert de plumes. En 2003 un second fossile différent, complet, a été dénommé lui aussi microraptor.

Ironie du sort: la province de Liaoning, d'où venait le faux, a depuis livré en abondance des fossiles qui éclairent la formation des espèces de dinosaures à plume et leur parenté éventuelle avec les premiers oiseaux.

Qu'en conclure ?

Ces exemples d'erreurs sont souvent utilisés par les adversaires de l'évolution pour montrer que cette théorie n'est pas sérieuse. En faisant cela, ils montrent surtout qu'ils ne comprennent pas ce qu'est la science et l'approche scientifique. Bien au contraire, ces exemples nous montrent que l'activité scientifique permet de corriger les erreurs, démasquer les charlatans ou les escrocs et qu'elle est bien une recherche sincère de la vérité.
Ce n'est pas le cas des pseudo-sciences qui se proclament à l'abri des erreurs, et ne peuvent donc ni se corriger, ni prétendre à décrire la vérité du monde. Comme le déclarait le Pr. Gould, de l'université d'Harvard: *"les systèmes infalsifiables sont des dogmes, pas de la science"*.

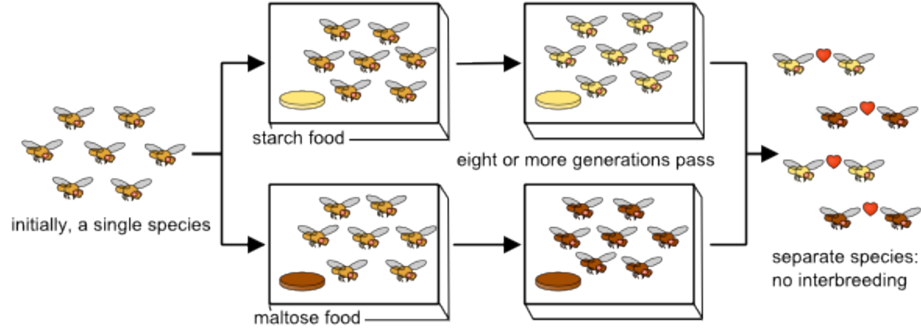
L’apparition de caractères nouveaux montre que les gènes peuvent changer au cours du temps.

Lorsque Darwin a publié ses ouvrages sur l’évolution et l’origine des espèces, la façon dont les caractères héréditaires se transmettent était inconnue. Si vous avez oublié Mendel (souvenez-vous de Mendel...), vous n’êtes pas les seuls: en 1900, le professeur de botanique Hugo de Vries, à Amsterdam, croit avoir découvert la façon dont se transmettent les caractères. Malheureusement, il découvre rapidement que ce qu’il croyait avoir été le premier à trouver a été amplement décrit par Mendel 35 années auparavant...

Toutefois, et contrairement à Mendel, de Vries propose qu’un grand nombre de caractères héréditaires différents soient liés à une seule unité qu’il appelle un “pangène”. De Vries veut tester son hypothèse de la façon suivante: si les pangènes existent, alors une variation héréditaire d’un ou de plusieurs pangènes doit conduire à des changements brusques dans la descendance (et même à l’apparition brutale d’une nouvelle espèce). De Vries pense que ces changements permettraient de compléter et d’expliquer les mécanismes de l’évolution présentés par Darwin. Pour cela, il cultive et observe un très grand nombre de plantes afin de découvrir si de nouveaux caractères apparaissent et de savoir si leur survenue est progressive ou brutale. L’idée de cette expérience provient d’une observation montrant que des fleurs importées d’Amérique, et redevenues sauvages, avaient spontanément développé des variétés nouvelles, naines. De Vries constate l’apparition de caractères nouveaux, qui n’ont jamais été présents chez les parents de ses plantes (1) mais qui apparaissent brusquement dans leur descendance et sont transmissibles. Ces changements brutaux, De Vries les appelle les mutations et pense qu’ils sont le moteur des modifications observées au cours de l’évolution des espèces (2).

Les idées de de Vries sont très bien accueillies, en particulier parce que de nombreux scientifiques les croient opposées à celles de Darwin: la découverte que des gènes correspondent à des caractères implique qu’une variation dans un gène fait varier brutalement un caractère, sans intermédiaires possibles. Alors que Darwin proposait une formation de nouvelles espèces par accumulation de changements insensibles, les découvertes de Mendel et De Vries tendent vers une production de changements brutaux (3) conduisant à de nouvelles espèces (4).

Toutefois, il apparaît rapidement que, dans la réalité, un caractère correspond le plus souvent à de nombreux gènes, et qu’une modification sur un seul gène aboutit le plus souvent seulement à une légère modification d’un caractère.



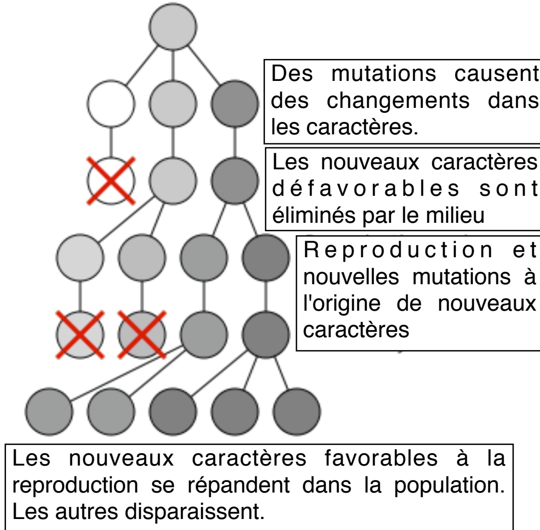
Un peu d’Anglais appliqué. La biologiste Diane Dodd a réalisé cette expérience en 1989 : une population de mouches est divisée en deux lots qui ne reçoivent pas la même nourriture (soit de l’amidon - starch, soit du maltose, un sucre). Au bout de 8 générations, ou plus, les deux groupes se reproduisent préférentiellement entre eux: on a obtenu un début de séparation reproductive pouvant conduire à la formation de deux espèces différentes.

Dans les années 1920, trois biologistes (R. Fisher, JBS Haldane et S. Wright) vont vérifier expérimentalement la façon dont les mutations combinées à la transmission des caractères héréditaires influencent l’évolution des espèces. Ils vont créer des modèles mathématiques (5) décrivant comment reproduction et mutations collaborent pour créer de nouvelles espèces.

L’information génétique, transmise et recombinée au cours de la reproduction sexuée, peut donc subir aussi, au hasard (6), des modifications (les mutations) qui, si elles sont favorables à la reproduction des individus, pourront se transmettre et se cumuler jusqu’à aboutir à la formation de nouvelles espèces. Des recherches ultérieures montreront qu’il existe en fait, à partir des mutations et des sélections, plusieurs mécanismes conduisant à la formation de nouvelles espèces.



Une mutation est responsable de l’apparition du caractère “3 bandes sombres” sur le pelage de ce Guépard. Photo S. Jurvetson



Les mutations sont à l’origine de nouveaux caractères qui sont “triés” par les conditions de vie et le milieu.

Résumé : Les caractères des individus (donc des espèces) sont liés aux gènes. Les variations des caractères, qui sont le matériel de base de l’évolution, sont liées aux variations des gènes. Ces variations peuvent être obtenues par les recombinaisons liées à la reproduction, mais aussi par de brusques changements survenant sur un ou plusieurs gènes: les mutations.

Les mutations qui donnent aux individus un avantage reproductif se transmettent et se répandent, les autres disparaissent. C’est un des mécanismes de l’évolution des espèces.

1 - Vous vous demandez bien entendu de quelles plantes il s’agissait ? C’était des onagres (vous êtes bien avancés, hein ?). C’est une plante à fleurs jaunes, dont les graines fournissent une huile utilisée en médecine.

2 - D’autres recherches montreront que les caractères “nouveaux” repérés par De Vries ne permettaient pas de constituer d’un seul coup une nouvelle espèce d’Onagre. Toutefois, l’idée que l’évolution, un phénomène lent, puisse résulter de la somme de petits paliers, les mutations, sera confirmée par la suite.

3 - Des changements qui, en fait, touchent l’ADN des cellules reproductrices.

4 - Le second livre de de Vries, en 1906, était d’ailleurs intitulé “Espèces et variétés, leur naissance par mutation ”.

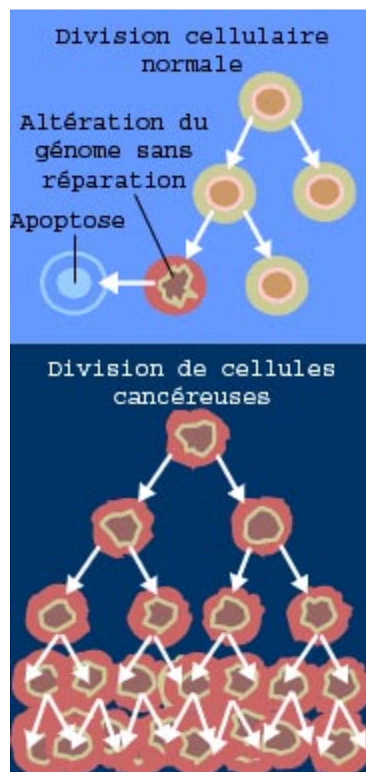
5 - Il fallait bien qu’on parle un peu de math! Ces modèles sont un ensemble d’équations qui décrivent comment des mutations se répandent dans des populations. Ils permettent de tester les théories en comparant les prévisions faites avec les observations réalisées.

6 - les modifications des gènes se font au hasard, mais pas la sélection du résultat qui elle dépend des conditions de l’environnement. Il est donc faux de croire que l’évolution se fait “au hasard”: elle est fortement liée aux conditions de l’environnement et à ses modifications.

Une conséquence néfaste des mutations : les cancers

Dès l'antiquité, des médecins égyptiens, puis grecs et romains (1) décrivirent une maladie, le plus souvent fatale, se caractérisant par l'apparition et la croissance de masses dures sous la peau, au niveau de plusieurs organes. Ces gonflements (tumor en grec) furent étudiés vers l'an 0 par le médecin Celsus qui leur donna leur nom actuel, les cancers. Au cours de l'histoire, les médecins identifièrent différents cancers, touchant des organes variés. Le seul traitement connu était alors d'enlever, si possible, la tumeur et un large morceau des organes voisins. Il fallut attendre les travaux du médecin R. Virchow, en 1858, pour faire le lien entre cancer et comportement des cellules.

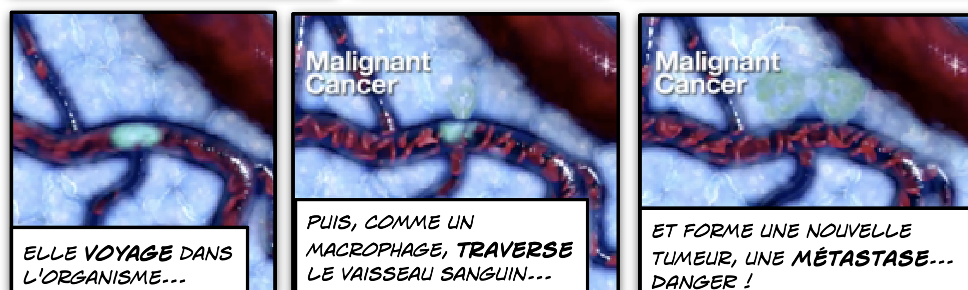
Les cancers sont causés par une perturbation de la division cellulaire. Plusieurs gènes contrôlent fortement le rythme de la division des cellules, de façon à ce qu'elles effectuent leurs fonctions sans se multiplier inutilement. De temps à autre, une cellule subit une mutation au niveau de ces gènes, mutation qui a pour effet soit de favoriser la multiplication cellulaire, soi de moins la freiner. Alors que, normalement, une cellule ainsi mutée s'autodétruit (2), certaines cellules échappent à cette "sécurité" et se mettent à se diviser intensément, formant une masse qui comprime et gène le fonctionnement des autres organes. De plus, des cellules cancéreuses sont capables de se détacher de la tumeur, de voyager dans le sang et d'en sortir pour envahir de nouveaux organes, où elles vont proliférer et former des tumeurs "filles" (voir ci-dessous, d'après une vidéo du HHMI).



Les cellules cancéreuses ont subi des mutations de certains gènes sans s'autodétruire. Elles peuvent donc se multiplier indéfiniment, créant des problèmes variés dans l'organisme.







Le développement des cancers est donc lié à des altérations de certains gènes qui se contrôlent les uns les autres de façon très complexe. Ces mutations peuvent être simplement dues au hasard, lors des divisions cellulaires (un chromosome étant mal recopié, par exemple) au favorisées par des facteurs en provenance de l'environnement, comme un excès de rayonnement (solaire, radio-actif...), certaines molécules, naturelles (fumée de tabac, amiante) ou de synthèse (benzène), et des infections virales (le virus perturbant, au cours de sa reproduction, le fonctionnement des gènes de la cellule). Actuellement, l'allongement de la durée de la vie, ainsi que certains comportements (tabac, bronzage intense, alcoolisme...) expliquent que les cancers soient la première cause de mortalité dans de nombreux pays industrialisés, car plus les cellules vieillissent et plus elles ont d'occasions d'échapper accidentellement au contrôle exercé par leurs gènes "anticancer". Toutefois, la plupart des cellules cancéreuses sont détruites par le système immunitaire, en particulier par les lymphocytes T, car elles possèdent des antigènes anormaux (3). La lutte contre les cancers essaie principalement de mettre au point des moyens de détruire les cellules cancéreuses sans détruire les cellules saines, ce qui est difficile.

1 L'Égyptien Himouthes, il y a 49 siècles (!) puis, parmi les Grecs Hippocrate, ainsi que, chez les Romains, les excellents (pour leur époque) médecins Celsus et Galien.

2 Ce dispositif de suicide en cas de problème est nommé apoptose. La cellule qui s'autodétruit est rapidement remplacée par une cellule normale, sa disparition ne se remarque même pas (il y dix fois plus de cellules dans votre corps que d'étoiles dans la galaxie...)

3 Et oui, pour comprendre tout cela, il faut avoir bien intégré les deux chapitres précédents !

gènes et cancers

3 familles de gènes sont impliquées dans les cancers.

1 les oncogènes

Ces gènes accélèrent la division cellulaire. Une seule modification d'un des allèles de ces gènes suffit à stimuler la division de la cellule. On connaît plus d'une centaine de ces gènes (qui portent des noms de code comme myc, P53, Ha-ras et autre abl que vous pouvez continuer d'ignorer)

2 les gènes suppresseurs de tumeurs

Ce sont des gènes qui freinent la division cellulaire. S'ils sont altérés, le rythme des divisions cellulaires accélère.

3 les gènes de réparation de l'ADN

Normalement, ces gènes permettent de détecter et de corriger toute modification, de l'ADN. Ce sont des gènes qui protègent les gènes. Dans les cellules cancéreuses, ils fonctionnent peu ou mal.

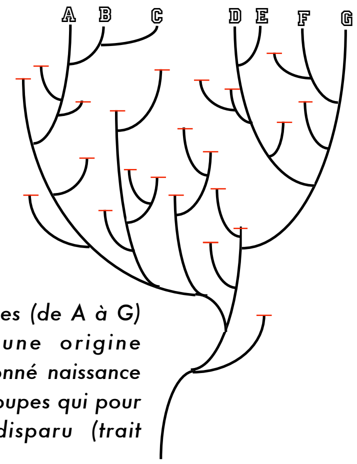
Comme les mutations de ces gènes se produisent principalement dans des cellules somatiques, la grande majorité des cancers (90 %) ne sont pas héréditaires.

La Terre et la vie ont une histoire, souvent liée

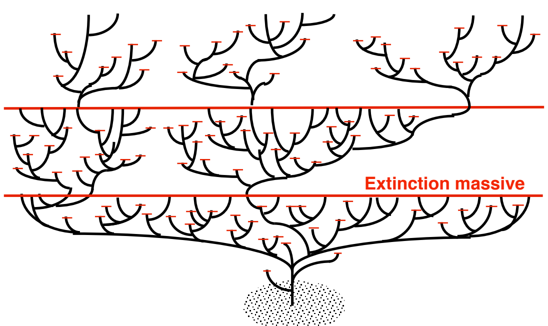
Les extinctions massives taillent le buisson de l'évolution

Depuis Cuvier et ses études, nous avons vu que si les disparitions d'espèces différentes se produisent à des époques variées, il arrive aussi que, "brusquement", de très nombreuses espèces disparaissent ensemble, ces périodes d'extinctions massives étant utilisées comme repères pour diviser l'histoire de notre planète en ères de durée variable. Ces événements ont considérablement modifié la répartition, la sélection ou la disparition d'espèces et de groupes entiers

Ces périodes d'extinction expliquent l'aspect particulier des arbres "généalogiques" des différentes espèces où l'on voit alterner des périodes de développement de nombreuses espèces avec des arrêts apparemment brusques et le développement de nouvelles espèces. Le "parcours" de l'évolution n'est pas un arbre, mais une succession d'arbres, un buisson périodiquement taillé lors des extinctions massives. Après une extinction, la vie redémarre et se diversifie très vite, car de nombreux milieux sont désormais "libres" et peuvent être facilement occupés par de nouvelles espèces (1). L'évolution des espèces n'est donc pas linéaire: de nombreux groupes ont disparu, certains survivent, se diversifient puis disparaissent en masse, et le schéma se reproduit un grand nombre de fois... Il aurait probablement suffi de quelques événements différents pour que l'évolution de la vie prenne un tout autre chemin sur notre planète (2).



Les espèces actuelles (de A à G) sont reliées à une origine commune qui a donné naissance à de nombreux groupes qui pour la plupart ont disparu (trait rouge)



À plus grande échelle, à partir de l'origine commune des différentes formes de vies (en bas), on constate une grande diversification des espèces qui est périodiquement fortement réduite par les extinctions massives. L'arbre de l'évolution est en fait un buisson aux branches élaguées par les extinctions..

Notre monde est celui des bactéries

Les divers travaux des spécialistes de l'évolution s'appuyant sur de nombreux indices (3)aboutissent à une origine commune à la vie terrestre âgée de 3,8 milliards d'années. C'est à cette époque que sont apparues (4) des formes de vies dont l'évolution allait tout d'abord conduire à des sortes de bactéries que les spécialistes ont nommées LUCA (Last Universal Common Ancestor), qui sont donc les derniers ancêtres communs de toutes les formes de vies de notre planète. Depuis l'origine de la vie, ce sont donc les bactéries qui règnent sur notre planète. Elles y ont été les seules formes de vies pendant 85% de l'histoire de la vie. Ce sont toujours les formes de vie les plus répandues et les plus résistantes.

Si L'histoire de notre planète, au travers de la tectonique des plaques et ses conséquences (5), des chutes de météorites ou des mouvements du système solaire, a modifié l'histoire de la vie en anéantissant périodiquement de très nombreuses espèces, il ne faut pas oublier que le développement de la vie a aussi fortement influencé les caractéristiques de notre planète.

Ainsi, ce sont les êtres vivants unicellulaires aquatiques, dont certaines espèces existent toujours depuis 3500 millions d'années (6) qui ont produit le dioxygène de l'atmosphère terrestre, modifiant considérablement le climat de la planète et permettant ensuite l'utilisation de O2 pour participer à la fourniture d'énergie par la respiration (7). À la suite de cette accumulation de dioxygène, des formes de vies extrêmement varies (bien plus que ce que nous observons actuellement) mais composées de peu d'espèces ont pu se développer il y a 600 millions d'années et commencer à laisser des traces fossiles (8).

Actuellement, ces signes de vie décelables à l'échelle d'une planète sont très étudiés, car les progrès de l'astronomie permettant déjà de détecter de nombreuses (9) planètes autour d'autres étoiles, et la connaissance des modifications produites par la présence de vie devrait permettre de détecter celle-ci à grande distance sur des mondes situés à plusieurs années lumières de la Terre (10).

L'aventure humaine ne fait que commencer, et vous en êtes les acteurs présents et futurs.

La tectonique des plaques a modifié le visage de notre planète au cours de son histoire, modifiant le climat, les conditions de vie, isolant ou regroupant des populations... Ces changements ont eu des conséquences sur l'évolution des organismes.

Jurassic Period — 160 mya

Cretaceous Period — 70 mya

Paleocene epoch — 60 mya

1- Cette libération des milieux a permis aux mammifères, par exemple, de se diversifier fortement lorsque les dinosaures ont disparu.

2 - Une météorite aurait croisé l'orbite terrestre 5 min plus tôt ou plus tard, et nous serions tous des dinosaures intelligents, sortis d'un oeuf, à nous demander ce que le monde serait devenu si ces ridicules mammifères avaient pu se développer tranquillement (ou bien notre planète ne serait peuplée que de bactéries, où d'insectes géants, où...)

3 - fossiles, structure et comparaison des gènes, traces chimiques d'activité biologique...

4 - La vie étant apparue assez "rapidement", à partir de molécules se formant naturellement dans certains milieux et douée de la capacité de se reproduire.

5 - Volcanisme, mais aussi modification des courants marins et des climats à cause de la disposition variable des continents.

6 - Des espèces de stromatolites, bactéries vivant en colonies prenant l'aspect de boules rocheuses et produisant de l'O2, existent encore de nos jours, bien que rares.

7 - Comme vous l'avez étudié en 5éme. Je sais, c'est loin. Rassurez-vous, une révision musclée de cette indispensable chimie du vivant est prévue en seconde..

8 - Cette apparition de formes de vie de grande taille a paru si brusque qu'elle a été appelée "explosion cambrienne".

9 - 307 planètes ont été détectées au 11 juillet 2008. Plus les techniques progressent, plus les planètes détectées autour d'autres étoiles sont nombreuses...

10 - Sans parler de détecter, dans notre système solaire, des formes de vies bactériennes qui sont peut être profondément enfouies à l'intérieur de planètes comme Mars ou de satellites comme Europe ou Encelade...

chronologie à retenir

(en milliards d'années)

- 4,3 formation de la Terre
- 3,9 apparition de la vie
- 0,6 premières formes de vies macroscopiques
- 0,06 disparition des dinosaures
- 0,006 ancêtre commun aux humains et aux chimpanzés

Résumé : L'étude des structures anatomiques des êtres vivants actuels et fossiles (ainsi que la détermination de l'âge des fossiles) ainsi que de leurs gènes a permis d'établir l'existence du processus d'évolution relie toutes les formes de vie terrestre à un ancêtre commun.





Mythes & légendes de l'évolution

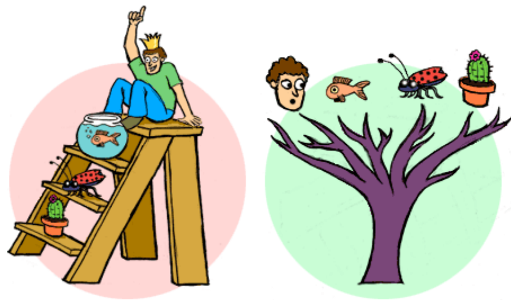
Quelques idées fausses que l'on peut trop souvent entendre encore...

Les méduses sont des animaux primitifs

Primitifs par rapport à quoi ? À nous ? Difficile, car tous les êtres vivants actuels sont le résultat des processus de l'évolution. Bien qu'ils soient très différents, ils font partie d'espèces qui ont réussi à se maintenir dans leur milieu, et à ce niveau les méduses sont des championnes: elles constituent un groupe dont des représentants sont déjà présents dans des fossiles âgés de plus de 600 millions d'années. Leurs espèces ont donc traversé sans disparaître toutes les grandes périodes d'extinctions. Pas mal pour des organismes "primitifs"...

L'homme est l'animal le plus évolué

Et la femme ? Plaisanterie à part, l'Homme n'est pas plus évolué que les autres mammifères. Cette idée fausse vient d'une époque où l'on considérait qu'il existait une "échelle" de la vie, avec au sommet devenez qui ?



Nous avons vous que, bien au contraire, l'évolution suit des chemins multiples, dessinant dans le temps un "buisson" touffu d'espèces dont nous occupons, à cet instant, et avec toutes les espèces de la planète, les derniers rameaux...

Dessins Université de Berkeley, Californie

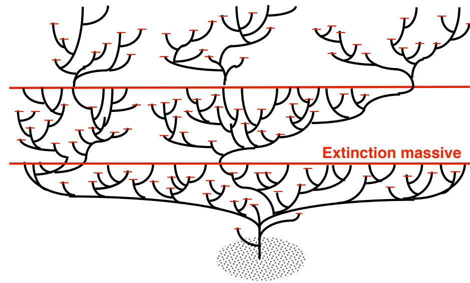
PS: si vous persistez à croire que les humains sont très évolués, jetez un oeil autour de vous pendant la récré, vous devriez perdre facilement cette illusion...

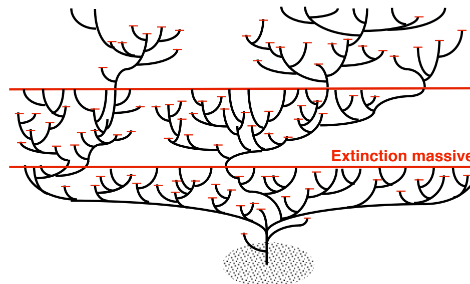
Il y a des animaux qui n'ont pas évolué depuis des centaines de millions d'années.

Il existe en effet des animaux qui ressemblent beaucoup à des formes fossiles très âgées. Cela ne signifie pas qu'ils n'ont pas évolué (car l'évolution peut toucher des éléments qui ne sont visibles sur les fossiles) mais que leur environnement est resté stable, n'opérant pas de sélection particulière sur la forme de leur corps où leur anatomie. De tels animaux sont toutefois rares, et constituent des exceptions.

D'abord on était des poissons, puis des amphibiens, des reptiles, des mammifères puis des singes et enfin des hommes

C'est une ancienne idée de l'évolution, vue comme une espèce d'escalier qui monte vers les humains. Le générique d'une ancienne série d'animation montrait bien cette progression. Mais les fossiles (entre autres) racontent une tout autre histoire: l'évolution des espèces se déroule dans le temps suivant des parcours variés, donnant aux arbres "généalogiques" des espèces l'allure de buissons périodiquement taillés par des extinctions auxquelles survivent, par hasard parfois, des espèces qui vont de nouveau se diversifier. Il aurait suffi de quelques changements lors de ces extinctions pour que notre planète présente aujourd'hui un tout autre visage...





Ces deux schémas montrent que si les espèces survivantes à une extinction massive (trait rouge du haut) ne sont pas les mêmes, l'aspect "final" (en haut) du monde vivant n'est pas du tout le même.

L'évolution n'est qu'une théorie (sous-entendu : on n'est pas sûr que ça existe)

En sciences, le mot théorie n'a pas le même sens que dans la vie courante. Une théorie est une explication cohérente d'un certain nombre de fait. Ce n'est pas une supposition. Par exemple, en physique, on parle de la théorie atomique, mais les atomes ne sont pas des possibilités; ce sont des objets réels. Si la théorie atomique n'était pas fondamentalement correcte; l'ordinateur sur lequel je tape ce texte ne pourrait tout simplement pas fonctionner.

Beaucoup de scientifiques critiquent l'évolution

Il faut distinguer les critiques de scientifiques qui ne sont pas des biologistes, et qui en parlent comme tout un chacun, et celles des spécialistes de l'évolution.

Les premiers critiquent le plus souvent sans connaître, et leur opposition est peu constructive.

Par contre, comme l'évolution est une branche des sciences, il existe, ce qui est normal et sain, des discussions (animées) entre spécialistes. Ces discussions ne portent pas sur la réalité de l'évolution, acceptée par tous, mais sur les différents mécanismes qui permettent l'évolution, son rythme, l'importance de la sélection naturelle et des mutations... Comme toute science, l'évolution évolue ! J'ose espérer que les connaissances de base exposées dans cette partie du manuel vous aideront à distinguer, dans cette vision de la vie, l'intérêt de son approche et ses progrès futurs.

L'évolution, c'est Darwin.

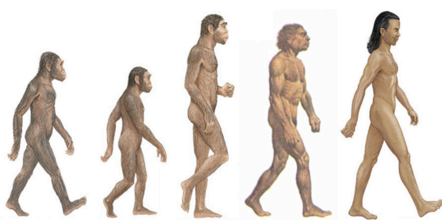
L'idée d'évolution existait bien avant Darwin, et les conceptions de l'évolution ont été profondément modifiées depuis son époque. Darwin a simplement été le premier à proposer un mécanisme naturel plausible pour expliquer le déroulement de l'évolution.

Questions

1/Qu'est-ce qu'un fossile ?
2/Qu'est ce qu'une roche sédimentaire ?
3/Comment définit on une espèce ?
4/Qu'est-ce qu'une mutation ?
5/Quelle est l'âge de la Terre ?
6/Qu'est-ce qu'une extinction massive ?
7/ Lorsque deux espèces partagent un ancêtre commun, se ressemblent-elles obligatoirement (expliquer la réponse) ?
8/ A quoi servaient les premiers membres des vertébrés ?
9/A quelle époque a vécu le dernier ancêtre commun aux humains et aux chimpanzés ?
10/ De quelle façon le milieu intervient-il dans l'évolution des espèces ?

Colles

1/Résumer dans un tableau les différents indices prouvant la réalité de l'évolution.
2/Si l'histoire de la Terre était présentée sur un DVD de 2h, quand verrait-on les premières traces de vie, les premières espèces ayant laissé des fossiles directement visibles, et le développement des espèces d'homininés ? (vous pouvez faire un schéma pour répondre)
3/Le schéma ci-dessous est très célèbre, on peut le retrouver un peu partout (même sous forme de blagues!).



Il est censé décrire une partie de l'évolution de notre espèce. Malheureusement, ce type de schéma est entièrement faux. Expliquez pourquoi et corrigez-le.

Exercices

« Avez-vous du courage, ô mes frères ? Êtes-vous résolus ? Non pas du courage devant des témoins, mais du courage de solitaires, le courage des aigles dont aucun dieu n'est plus spectateur ? »

Si oui en avant pour ces exercices...

1 - Les objections de Cuvier (4 pts)

Dans les années 1810, le naturaliste Cuvier, excellent scientifique, critiquait l'idée d'évolution graduelle des espèces en se basant sur ses observations. Il avait remarqué les faits suivants:

- on ne trouve pas des changements continus chez les fossiles, mais des passages brusques d'un type de fossile à un autre.
- Aucune espèce vivante ne montre une évolution: les chats momifiés ramenés des tombeaux des pharaons égyptiens par Napoléon sont identiques aux chats du 17e siècle, 47 siècles plus tard. Pour Cuvier, le temps ne change donc rien, car "un effet évolutif nul sur un temps court sera tout aussi nul sur une longue période"

Que pourriez-vous répondre aux objections de Cuvier ?

2 - Une objection: la dilution des caractères. (4 pts)

En 1867, l'ingénieur F. Jenkin publia un article dans la North Bristish review où il analysait les idées de Darwin en mettant l'accent sur les problèmes soulevés par la transmission des caractères. Jenkin critiqua l'idée selon laquelle un caractère donnant un avantage à un individu pouvait être transmis à sa descendance, car "*si un individu, suite à une variation, possédait un caractère lui apportant un avantage, ce caractère nouveau se diluerait au fur et à mesure que lui et ses descendants se reproduiraient avec d'autres individus ne possédant pas ce caractère ... les variations individuelles favorables à la survie ne peuvent donc pas se maintenir sur un grand nombre de générations et aboutir à la formation de nouvelles espèces*".

21 - Cette objection aux idées de Darwin vous parait elle logique ? (Expliquer votre réponse - attention, on ne demande pas si l'objection est "vrai" ou "fausse"!)

22 - En vous basant sur vos connaissances actuelles (et en particulier sur le chapitre 1 de ce manuel, que vous connaissez par coeur, n'est-ce pas ?) expliquez quelle était l'erreur commise par Jenkin.

3 -Dans la famille Darwin...le grand-père (5 pts)

Entre 1794 et 1796, le grand-père de Charles Darwin, Erasmus (oui, c'était son prénom), qui était à la fois un poète et un médecin célèbre, fit paraître en Angleterre un livre, écrit en vers, au titre curieux: Zoonomia, ou les lois de la vie organique. Il y présentait ses idées sur l'évolution (comme de nombreux scientifiques de son époque) des êtres vivants, idées nourries par des observations du squelette des vertébrés, du développement des embryons et des résultats obtenus par les éleveurs sur des animaux domestiques. Erasmus pensait que l'évolution était orientée vers un progrès des formes de vies, et que ce progrès devait se continuer dans les sociétés humaines qui, elles aussi, devaient évoluer. Tout d'abord bien accueillis, l'ouvrage et les idées d'Erasmus furent très rapidement critiqués, mais pas uniquement pour des raisons scientifiques.

31 - les données qu'a examiné Erasmus vous semblent'elles de nature à donner des arguments valables à l'idée d'évolution des êtres vivants ? (Expliquer votre réponse)

32 quel point commun partagent les arguments d'Erasmus ?

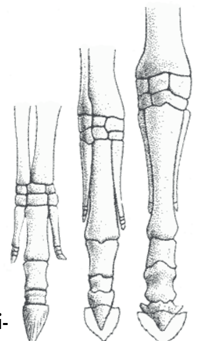
33 Trouvez donc la raison pour laquelle les idées d'Erasmus n'ont pas pu s'imposer dans l'Angleterre des années 1800 (pour vous aider: la raison principale vient de France, et la réponse de trouve dans votre cours d'histoire de l'an dernier...)

4 - Générique & évolution (5 pts)

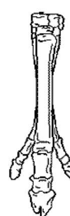
Dans son livre "ancestor tales", paru en 2008, le spécialiste de l'évolution R. Dawkins écrit "*Chaque gène mène sa propre guerre égoïste en coopérant avec les autres gènes dans l'ensemble génique, sexuellement agité, qu'est son environnement, afin de construire avec eux des corps.*" En utilisant vos connaissances de génétique, expliquez donc ce que veut dire Dawkins et le rapport de cette phrase avec l'évolution des espèces.

5 - Les chevaux mutants (6 pts)

Rarement, il nait des chevaux qui présentent des caractères très particuliers: ils ont les "mains" et les "pieds" malformés, en trois parties au lieu d'une. Or, lors du développement de l'embryon de cheval, ce stade à trois doigts existe (voir schéma ci-contre : l'embryon est à gauche, l'adulte à droite).



Un fossile d'un mammifère nommé Parahippus, qui vivait il y a 25 millions d'années, possède des "pieds" ayant l'allure indiquée ci-dessous.



51 - Quel nom donner à ce changement donnant un cheval à trois doigts ?

52 - Au vu des informations fournies, proposer une hypothèse logique expliquant l'origine de ces doigts supplémentaires.

53 - Quelles conclusions pouvez-vous tirer de la comparaison de la "main" fossile de Parahippus avec la formation de la "main" d'un cheval moderne ?

6 - Des renards aux chiens (7 pts)

Afin de vérifier et d'étudier l'effet de la sélection sur une espèce, des scientifiques russes dirigés par D.K. Belyaev ont sélectionné, pendant 40 ans, des renards. Leur but était d'étudier la domestication, aussi ont-ils sélectionné et favorisé la reproduction des animaux les plus familiers. Après 30 à 35 générations seulement, le caractère et le comportement des animaux se sont profondément modifiés et les renards se comportent comme des chiens (vidéo ici - animaux témoins là). Mais cette expérience montra également des effets inattendus: la teneur de certaines hormones dans le sang est très inférieure à celle des animaux sauvages, le développement des nouveaux nés est plus précoce, la forme du crâne est différente (plus rond), la couleur du pelage peut changer ainsi que, plus rarement, la forme de la queue et des oreilles qui peuvent être tombantes. La scientifique Lyudmila N. Trut, responsable de cette expérience, écrit " *Sous nos yeux, "la Bête" est devenue "la Belle", lorsque le comportement agressif des ancêtres sauvages de nos animaux a totalement disparu. Nous avons vu de nouveaux traits morphologiques apparaître*". Des études récentes ont trouvé 40 gènes différents entre les renards domestiques et leurs ancêtres.

6-1 Quel mécanisme actif dans l'évolution est reproduit au cours de l'expérience de Belyaev ?

6-21 Quelles indications donne cette expérience au sujet de la vitesse de l'évolution ?

6-22 Comment cette expérience peut-elle servir à expliquer pourquoi les fossiles montrant des transitions entre espèces sont rares ?

6-3 La sélection d'un caractère a amené des résultats portant sur d'autres caractères. Quelles conclusions pouvez-vous en tirer au sujet des gènes correspondant à ces différents caractères ?

7 - Les antibiotiques, c'est pas automatique (5 pts)

Depuis quelques années, certaines sous-espèces de bactéries (on parle de "souches") ne sont plus sensibles aux différents antibiotiques; pourtant, lors premières utilisations des antibiotiques en 1945, leur efficacité était telle que des médecins pensaient que les maladies bactériennes allaient disparaître.

7-1 Proposez une hypothèse plausible, mettant en jeu les notions de l'évolution, pour expliquer l'apparition de ces nouvelles souches.

7-2 Lorsque vous devez prendre un traitement antibiotique, votre médecin insiste sur le fait que vous devez prendre la totalité du traitement, même si vous vous sentez mieux avant la fin de celui-ci.

Pourquoi cette précaution peut-elle gêner l'apparition de souches de bactéries résistantes aux antibiotiques (pour vous aider, pensez à ce qui se passe lors d'une infection pour les bactéries, demandez-vous quelles sont celles qui meurent en premier...).

8 - Axolotl, l'inachevé (4 pts)



L'axolotl est un animal mexicain de la famille des salamandres, vivant dans des lacs d'eau froide, mais il ressemble plutôt à la larve de ces animaux: il possède des branchies et sa vie est exclusivement aquatique. Par contre, les espèces ancêtres de l'axolotl sont des salamandres à la vie terrestre lorsqu'elles sont adultes.

Au début du 20e siècle, le physiologiste V. Laufberger réalisa une expérience étonnante: il injecta à des Axolotls des hormones et observa alors qu'ils se métamorphosaient en quelques semaines en une espèce de salamandre (en perdant leurs branchies et en développant des poumons).

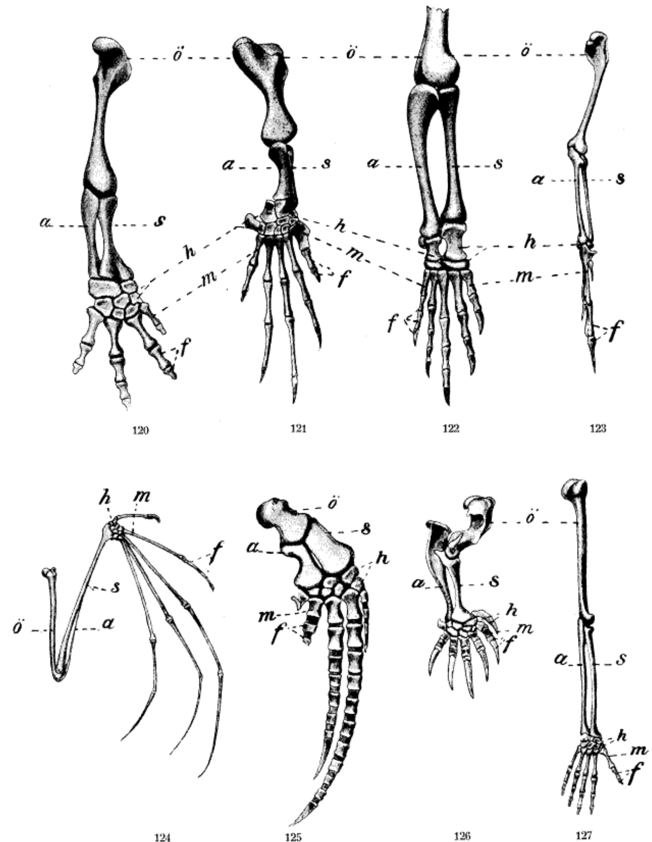
8-1 Proposez une hypothèse plausible expliquant par quels changements l'espèce ancêtre de l'Axolotl a pu donner l'animal moderne.

8-2 En 1864, le zoologiste Duméril pensait que l'axolotl était la larve géante d'une salamandre inconnue. Un jour, surprise: parmi les six larves qu'il possédait, certaines avaient pondu des oeufs. Parmi les jeunes provenant de ces oeufs, certains se métamorphosèrent en salamandre ressemblant beaucoup à une espèce connue, la salamandre tigre.

Proposez une hypothèse plausible expliquant pourquoi cette métamorphose a pu se produire. Votre hypothèse vous permet elle de compléter vos idées sur l'origine évolutive de l'Axolotl dans son milieu ? (Expliquez votre réponse).

9 Ressemblances (6 pts)

La comparaison du squelette des membres des vertébrés apporte de précieuses informations. Dans le schéma ci-dessous, les différentes lettres signalent les noms des différents os. Huit espèces sont comparées.



9-1 Attribuez chaque numéro au bon organisme, à piocher dans la liste suivante (*oui, je sais, il y en a en trop, et je sais aussi que cet exercice n'est pas limité à l'évolution, mais que voulez vous, la biologie est un tout, et si vous n'êtes pas capable en troisième de faire la différence entre une aile de chauve-souris et un bras humain, c'est qu'il y a des révisions fondamentales qui s'imposent...*): crocodile, humain, serpent, salamandre, chauve-souris, oiseau, taupe, baleine, éléphant et tortue.

9-2 Quelles conclusions pouvez vous tirer de l'examen comparatif de ces différents membres (inutile de se livrer à un examen détaillé, os par os, une vue d'ensemble suffit).

10 -Lire et écrire, mais avec quoi ? (6 pts)

L'imagerie médicale a permis de montrer qu'il existe dans notre cerveau des zones spécialisées dans certaines opérations, qui sont toujours situées au même emplacement quel que soit l'individu. Parmi ces zones, il y en une spécialisée dans la lecture et une autre spécialisée dans l'écriture. Pourtant, l'écriture n'a été inventée que depuis 5000 ans alors que notre espèce est âgée de plus de 200000 ans.

Comment se fait-il que le cerveau des premiers ancêtres de notre espèce ait pu posséder des zones spécialisées dans des tâches qui ne seront inventées que plusieurs dizaines de milliers d'années plus tard ?

10-1 Proposez une ou plusieurs hypothèses permettant de répondre à cette question.

10-2 Imaginer et décrire une ou des expériences permettant de vérifier votre hypothèse.

11 Des espèces circulaires (4 pts)

En Angleterre, il existe deux espèces de goélands différents, faciles à distinguer par la couleur de leur dos, le goéland argenté et le goéland brun. Cependant, si on étudie la répartition de ces espèces dans l'hémisphère nord, on découvre qu'au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'Angleterre vers l'ouest, les goélands argentés ressemblent de plus en plus aux bruns: on passe progressivement d'une espèce à l'autre en faisant le tour du monde à partir de la grande Bretagne.

À propos de ces oiseaux, le spécialiste de l'évolution R. Dawkins déclare: *"ils nous montrent dans l'espace comment se déroule un phénomène qui, au cours de l'histoire de la vie, s'est déroulé dans le temps"*.

De quel phénomène parle R. Dawkins ?

12 Les yeux du Protée (4 pts)

Le Protée est un amphibien, comme les tritons et les salamandres, d'une vingtaine de cm de long (*ci-dessous ; un couple*



de protées). Durant toute sa vie, il conserve des branchies de chaque côté de la tête (il doit vous rappeler l'Axolotl de l'exercice 8). Le protée vie uniquement dans des cavernes, en Europe centrale (Slovénie). Dans son milieu, il est donc plongé dans l'obscurité. Cet animal, à l'état adulte, ne possède pas d'yeux. Toutefois, chez les larves de protée, les yeux se développent normalement puis "s'autodétruisent" avant que l'animal soit adulte, ce qui explique que ces adultes soient toujours aveugles.

12-1 Mettez en relation les caractéristiques du protée avec son milieu de vie

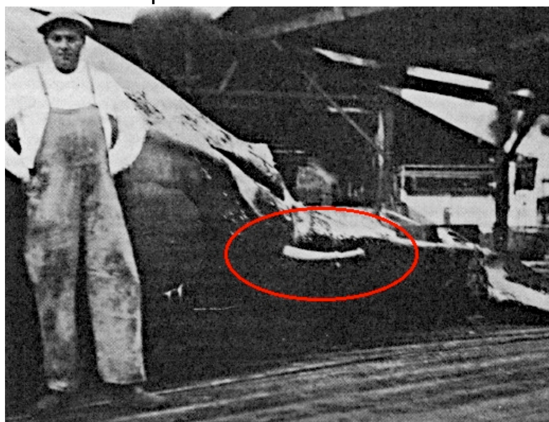
12-2 Quelles indications vous donne le développement du protée sur les ancêtres de cette espèce ?

12-3 Proposez une hypothèse décrivant comment le protée a pu apparaître en tant qu'espèce.

13 Une étrange baleine (4 pts)

Il semble clair que les baleines actuelles ne possèdent pas de pattes. Pourtant, en 1919, des chasseurs de baleine ont tué une baleine à bosses femelle présentant une étonnante particularité :





à la hauteur du bassin, de chaque côté des organes génitaux, elle possédait deux moignons d'un mètre de long, contenant des os et du cartilage. Le biologiste R.C. Andrews étudia ces membres, prélevés sur l'animal, et reconstitua leur squelette (photo ci contre : F= fémur, T= Tibia, Ta= tarse et M = métatarse - ces deux derniers étant des os du pied).

13-1 Quelle indication donne cette observation sur les ancêtres des baleines ? Les fossiles connus confirment-ils cette indication ?

13-2 Le fait que les embryons de baleines portent des poils, qui disparaissent ensuite, ainsi que des bourgeons de dents, qui disparaissent chez les animaux à fanons, confirme t'il vos idées précédentes (expliquer votre réponse)

13-3 Proposez une hypothèse, mettant en jeu des gènes, expliquant l'origine des particularités de la baleine "à pattes" capturée en 1919.

14 Petit poisson deviendra... (5 pts)

Dans les années 60, des poissons de l'espèce Cynotilapia afra ont été libéré par erreur à Mitande Point, un site d'une île du lac Malawi, en Afrique de l'Est. Jusqu'en 1983, les poissons libérés sont restés (et se sont reproduits) au voisinage de leur site d'introduction, mais en 2001, une équipe de scientifiques du Georgia Institute of Technology a découvert à la place de la population initiale deux populations différentes, une au sud de l'île et l'autre au nord. Ces deux populations de Cynotilapia n'ont pas la même couleur, ont des gènes différents et sont incapables de se reproduire entre elles.

14-1 Comment appelle t'on deux groupes d'animaux qui, même s'ils se ressemblent, ne peuvent plus se reproduire ensemble ?

14-2 Quelles indications peut-on tirer de ces observations au sujet de la vitesse de l'évolution ?

14 -3 Comment peut-on relier les observations effectuées à la rareté des fossiles montrant une transition entre espèces différentes ?

15 Histoire d'Ours (6 pts)

Vous connaissez tous l'Ours polaire, (Ursus maritimus) et l'Ours brun (Ursus arctos). Ces deux espèces présentent de nettes différences (au-delà de la couleur) et ne vivent pas dans les mêmes milieux. Leur mise en contact accidentelle a été l'occasion d'une découverte : lorsque des ours blanc et brun s'accouplent, ils donnent naissance à des oursons hybrides. Ce qui est étonnant, c'est que ces oursons, à leur tour, peuvent, une fois adultes, se reproduire.

15-1 D'après ces observations, l'ours blanc et l'ours brun sont-il deux espèces différentes ?

15-2 Quelle indication apporte ces observations sur l'origine évolutive des ours bruns et des ours blancs ?

15-3 Proposez une hypothèse plausible permettant d'expliquer les différences entre ces deux types d'ours.

16 Une objection philosophique aux sciences de l'évolution (6 pts) *attention, exercice difficile demandant de la réflexion -*

En 1837, dans son ouvrage "Philosophie des sciences inductives", William Whewell, un des plus célèbres scientifiques anglais de l'époque, émet une objection contre l'idée d'évolution des espèces (et de l'homme en particulier) basée non sur des faits, observations ou expériences, mais sur la conception de la science. Pour Whewell, l'activité scientifique consiste à rechercher et obtenir une connaissance certaine. Or, si l'esprit humain provient de l'évolution de l'esprit d'autres animaux, rien ne garantit qu'il puisse aboutir à une connaissance parfaite du monde puisqu'il sera nécessairement limité par ses conditions d'origine. Pour Whewell, le succès même de sciences comme l'astronomie, par exemple, ou la mécanique, plaide donc contre l'idée de l'évolution.

Plus de 170 ans plus tard, quelles réponses pouvez-vous apporter à l'objection de Whewell ?

17 il n'y a pas de lézards (8 pts)

En 1971, une équipe de scientifiques dirigée par E. Nevo, transféra 5 coupes de lézards (de l'espèce Podarcis sicula) de l'île de pod copiste, sur les côte Croates, dans l'île de pod Mrcaru (je sais, c'est imprononçable). 36 ans plus tard (ce qui représente 30 générations chez ces animaux), une nouvelle équipe, dirigée par A. Herrel, a découvert que les lézards avaient prospéré sur l'île et présentaient de nouveaux caractères: ils étaient plus gros, leur tête était plus grande, leur mâchoire plus puissante et leur intestin contenait des parties nouvelles (des valves) facilitant la digestion des feuilles de plantes dont ils se nourrissent souvent (sur l'île originelle, ces lézards sont surtout insectivores). Ces résultats ont été obtenus au cours de 6 visites de l'île s'étalant sur 3 années.

17-1) Les caractères nouveaux ont été observés dans toute la population de lézards de l'île. Peut-il s'agir de caractère acquis en raison du milieu ?

17-2) Les lézards de l'île de pod Mrcaru constituent-ils, à votre avis, une espèce distincte de celle d'origine (Podarcis sicula) ? Quelle expérience permettrait de confirmer (ou d'infirmer) votre avis?

17-3)Proposer une hypothèse plausible expliquant l'apparition de ces caractères dans cette population.

18 - Vive l'empereur! (6 pts)

Nous sommes en 1806. En guerre contre la Grande-Bretagne, Napoléon impose le Blocus continental: aucun navire anglais ne peut plus accoster en Europe. Malheureusement, cela signifie que l'approvisionnement en sucre, tirée de la canne qui ne pousse que sous les climats tropicaux, devient plus que problématique (auparavant, la flotte anglaise gênait déjà les livraisons). Ors, il existe sur le sol français une plante qui contient du sucre, comme Olivier de Serres l'a montré dès 1575: c'est la betterave (cultivée pour ses feuilles et sa racine), dont Marggraf, depuis 1747, a réussi à extraire le sucre pour le rendre consommable. En 1812, Benjamin Delessert réussit à produire du sucre de betterave en quantité, mais son procédé est peu rentable, car la teneur en sucre de la racine de betterave plafonne à un petit 7 %. Pour améliorer cette teneur, des horticulteurs, dont le célèbre Louis de Vilmorin, ne vont semer que les graines provenant des plantes les plus riches en sucre, et ce, sur plusieurs générations (cela rendra indispensable un suivi des semences à l'origine de l'agriculture moderne). Ainsi, vers 1886, les betteraves cultivées contiendront 16% de sucre alors qu'en 1912 la teneur moyenne des racines atteindra 18,5% (d'autres caractères seront améliorés en cours de route, comme la taille de la racine où la résistance de la plante). Actuellement, un tiers du sucre consommé en France provient de la betterave.

18-1) Quel est le procédé utilisé par Mr de Vilmorin pour améliorer la teneur en sucre de la plante ? Quel est son rapport avec l'évolution des espèces ?

18-2) Comment représenteriez-vous graphiquement l'amélioration de la quantité de sucre dans la betterave ?

18-3) Donner une (ou plusieurs) hypothèse permettant d'expliquer pourquoi la teneur en sucre n'est pas le seul caractère à s'être modifié lors du processus «d'amélioration» de la betterave.

Rules, Brittania

Traduisez donc le paragraphe suivant (et devinez son auteur...)



Thus, from the war of nature, from famine and death, the most exalted object which we are capable of conceiving, namely, the production of the higher animals, directly follows. There is grandeur in this view of life, with its several powers, having been originally breathed into a few forms or into one; and that, whilst this planet has gone cycling on according to the fixed law of gravity, from so simple a beginning endless forms most beautiful and most wonderful have been, and are being, evolved.

Questions

1/ Un fossile est une trace laissée dans les roches sédimentaires par un être vivant disparu. Ce peut être une partie du corps minéralisée (os, coquille, troncs, carapace...), un moulage (feuilles, empreintes de pas) ou une trace d'activité (terriers, excréments...)

2/ une roche sédimentaire est, comme son nom l'indique, une roche formée à partir de l'accumulation de sédiments.

3/ Une espèce d'être vivant est définie par rapport à son isolement reproductif: deux individus sont de la même espèce s'ils sont capables de se reproduire entre eux, et que leurs petits sont également capables de se reproduire. Le plus souvent, les membres d'une espèce se ressemblent, mais il peut aussi exister de grandes différences d'aspect entre mâles et femelles.

4/ Une mutation est une brusque modification d'un ou de plusieurs gènes, qui peut amener à l'apparition (et à la transmission) d'un nouveau caractère héréditaire.

5/ La planète Terre s'est formée il y a environ 4,3 milliards d'années.

6/ Une extinction massive est une période de l'histoire de la Terre où l'on constate une très forte diminution du nombre des espèces vivantes, cette diminution s'appliquant à des espèces différentes sur toute l'étendue de la planète et signalant un phénomène exceptionnel ayant détruit de nombreuses formes de vies.

7/ Partager un ancêtre commun ne signifie pas devoir se ressembler. Tout dépend, pour simplifier, du temps qui s'est écoulé depuis cet ancêtre commun. Ainsi, nous possédons un ancêtre commun avec les chimpanzés, qui nous ressemblent, mais nous partageons aussi un ancêtre commun avec les crapauds, qui diffèrent légèrement des humains (sauf dans les contes de fées). Simplement, notre ancêtre commun avec les crapauds est situé bien plus loin dans le temps que celui que nous partageons avec les chimpanzés

8/ Les premiers vertébrés à avoir eu de véritables membres étaient des poissons aux nageoires épaisses, qui leur servaient à se déplacer dans les marais encombrés de débris et de racines où ils vivaient.

9/ Le dernier ancêtre commun aux humains et aux chimpanzés a vécu il y a environ 6 millions d'années.

10/ Le milieu intervient dans l'évolution des espèces en sélectionnant les individus qui vont se reproduire (ou plus exactement en favorisant la reproduction de certains individus porteurs de certains caractères par rapport à d'autres individus ne possédant pas ces caractères). Par exemple, dans un milieu enneigé, un lièvre blanc aura plus de chances d'arriver à se reproduire qu'un lièvre marron, qui risque fort de se faire dévorer avant d'avoir pu trouver une femelle...

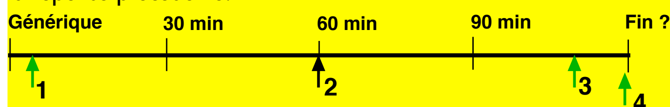
Colles

1/Votre tableau résumant les différents indices prouvant la réalité de l'évolution doit ressembler à celui-ci :

Indices	observations	pièce à conviction pour:
Fossiles	nombreuses espèces disparues	changement des espèces dans le temps
squelette des vertébrés	organisation commune	un même ancêtre pour tous les vertébrés
cellules identiques	tous les êtres vivants sont formés de cellules	une origine commune pour tous les êtres vivants
gènes	on retrouve les mêmes gènes dans des espèces très différentes	reproduction et répartition des gènes à partie d'ancêtres communs
agriculture, élevage	une sélection artificielle modifie les espèces	la sélection naturelle peut conduire à de nouvelles espèces.

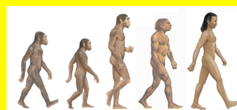
2/Si l'histoire de la Terre était présentée sur un DVD de 2h, le film obtenu ne serait pas très passionnant, du moins au début. Bravant l'ennui, faisons provision de pop corn, de sodas (light) et de chips* et appuyons sur "play": 6 minutes après le début du générique, les premières formes de vies apparaissent. On se dit qu'il va y avoir de l'action. Hélas, ces espèces de bactéries vont rester à grouiller et à évoluer à leur façon pendant une heure avant que nous ne voyions apparaître des cellules à noyau qui vont rester à s'agiter bêtement dans l'eau. Espérons qu'on ne se soit pas endormi avant la fin du film, car c'est là que tout se passe: après 1h 40 de profond ennui, nous voyons apparaître les premières espèces ayant laissé des fossiles directement visibles. Toute l'histoire racontée par les fossiles se déroule pendant les 20 dernières min du film, et, pendant le générique de fin, 12s avant la fin du disque, l'ancêtre des hominінés fait son apparition et toute leur histoire se déroule. Vivement la suite !

Et le schéma, allez-vous me dire ? Vous pouvez le faire pour rédiger la réponse précédente:

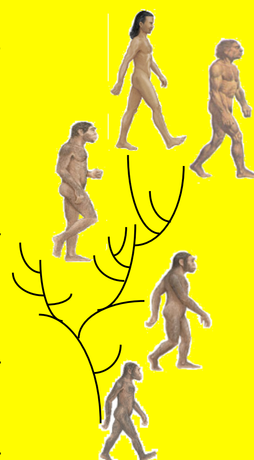


Pour le réaliser, c'est simple: 2h = 120 min = 4 milliards d'années environ, donc 30 min représentent 1 milliard d'années. À partir de là, apparition de la vie à -3,8 milliards d'années (1) et premiers fossiles à -600 millions (3), homininés à -6 millions (4) nous donnent les durées mentionnées. L'apparition des premières cellules à noyau (2) c'est du bonus, non demandé dans la question.

* *Vous remarquerez que j'en profite pour vous donner d'excellents conseils nutritionnels en faveur d'une alimentation saine et équilibrée.*



3/Le schéma présenté (et tous ses dérivés plus ou moins humoristiques) est faux, car il présente l'évolution de notre espèce comme étant linéaire: il donne l'illusion que nous sommes l'aboutissement d'un processus, comme si nous étions au "sommet" d'une ligne droite évolutive* (cette erreur a été discutée page 16)



En fait, l'évolution suit des chemins bien plus tortueux, qui nous obligent à jouer des ciseaux et de la colle pour aboutir au schéma ci-contre, plus réaliste, qui représente une telle évolution "en buisson", avec des branches disparues et de multiples divergences.

* Dans les années 1970, où ce point commençait à devenir évident, le biologiste et navigateur J.Y. Cousteau avait rédigé un poème à ce sujet: "*Des sources de la vie n'y a t'il qu'un élan, un même vent soufflant sans faiblir jusqu'à l'homme ? Où bien le devenir joue t'il avec les êtres, comme une brise folle avec de fleurs fanées...*" La deuxième solution s'est imposée.

Exercices

<u>1 - Les objections de Cuvier (4 pts)</u>

Pas de changements continu chez les fossiles, mais des passages brusques d'un type de fossile à un autre.

La fossilisation est un phénomène exceptionnel, il n'est donc pas étonnant qu'il "manque" des fossiles intermédiaires. De plus, les transitions entre espèces peuvent être très "rapides" (quelques dizaines ou centaines de milliers d'années), ce qui laisse peu de traces dans les fossiles (par contre, les fossiles montrant des structures intermédiaires entre de grands groupes, comme les "poissons" et les amphibiens, ou les "reptiles" et les mammifères" sont nombreux et bien connus; ce qui n'est guère étonnant, car ces transitions ont été beaucoup plus lentes et on donc eu le temps de laisser de nombreuses traces dans les archives fossiles de la vie).

Aucune espèce vivante ne montre une évolution: les chats momifiés des pharaons sont identiques aux chats du 17e siècle, 47 siècles plus tard. "Un effet évolutif nul sur un temps court sera tout aussi nul sur une longue période"

A l'époque de Cuvier, aucun signe d'évolution n'avait été découvert sur des espèces vivantes, mais depuis de très nombreux exemples d'évolution, à tous les stades, ont été découverts (comme vous l'avez vu dans ce chapitre du manuel et dans les exercices). 47 siècles est une durée énorme pour un humain, mais elle n'est pas suffisante pour déceler une évolution chez le chat. Cuvier se trompe en pensant que l'effet évolutif est nul sur un temps court: soit cet effet peut-être imperceptible sur un temps court, évident sur un temps long (rappelez-vous, quand vous étiez petits, voyiez-vous bouger la petite aiguille de l'horloge?); soit les événements de l'évolution ne se produisent pas de façon continue, mais par paliers successifs, au fil des mutations qui s'accumulent et sont, ou pas, sélectionnées.

2 - Une objection: la dilution des caractères. (4 pts)

Si un individu, suite à une variation, possédait un caractère lui apportant un avantage, ce caractère nouveau se diluerait au fur et à mesure que lui et ses descendants se reproduiraient avec d'autres individus ne possédant pas ce caractère ... les variations individuelles favorables à la survie ne peuvent donc pas se maintenir sur un grand nombre de générations et aboutir à la formation de nouvelles espèces".

21 - L'objection de Jenkin est en effet logique, pour son époque. En effet, si les caractères nouveaux sont dilués dans les autres à chaque génération, ils ne peuvent que finir par disparaître: si vous mélangez un verre d'encre bleu et un verre d'eau, puis que vous mélangiez ensuite un verre du mélange avec de l'eau, et ainsi de suite, vous n'obtiendrez rapidement que de l'eau claire, et le caractère "bleu aura disparu...

22 - Jenkin se trompe toutefois, car, justement, la transmission des caractères héréditaires n'a rien à voir (contrairement à ce qu'il pensait, et qui était l'opinion courante à son époque) avec le mélange de deux liquides: comme Mendel et ses collègues nous l'ont montré (vous vous souvenez du premier chapitre de ce manuel, non ? Sinon, révision!), les caractères se transmettent sous forme de gènes qui se superposent, mais ne se mélangent pas. Un caractère nouveau (auquel on dire que correspond, pour simplifier, un gène nouveau) pourra donc se transmettre et se voir sélectionner par les conditions du milieu s'il favorise la reproduction de celui qui le porte.

3 -Dans la famille Darwin...le grand-père (5 pts)

31 - Erasmus Darwin a examiné trois types de données, qui en effet fournissent des arguments valables à l'idée de l'évolution des espèces. En effet:

- l'observation du squelette des vertébrés montre que l'organisation d'ensemble de ces animaux est la même, ce qui s'explique si on suppose qu'ils partagent un ou plusieurs ancêtres communs
- le développement des embryons montre des points communs entre des groupes d'animaux très différents, qui là aussi peuvent s'expliquer par une origine commune.
- les éleveurs, en sélectionnant les animaux (où les plantes - pensez à toutes les variétés de roses, par exemple) qu'ils destinent à la reproduction montrent qu'il est possible de modifier fortement l'aspect et les caractéristiques des animaux, de façon même à ce qu'ils ne ressemblent plus du tout à leurs ancêtres sauvages. Si la sélection par les humains aboutit à de tels résultats en quelques dizaines de générations, quels changements étonnants doivent pouvoir s'obtenir naturellement en plusieurs milliers, voire millions, de générations !

32 Les arguments d'Erasmus ont un point commun: ils évitent toute référence aux fossiles, ce qui, en fait, revient à dire qu'Erasmus Darwin se base uniquement sur l'observation des animaux vivants, directement disponibles pour être étudiés en détail.

33 Erasmus pensait que l'évolution va dans le sens d'un progrès, et qu'elle devait se continuer chez les humains par un progrès social, c'est à dire, nécessairement, des changements dans la société. Or, quelques années après la sortie de son livre, quels sont, justement, les plus grands changements sociaux en Europe ? Comme vous connaissez votre chronologie sur le bout des doigts (c'est ça d'être un, ou une, bon élève!), l'année 1789 en France doit vous rappeler quelque chose, non ? Le déroulement de la Révolution française a terrifié l'Angleterre, et l'opinion publique a été beaucoup moins favorable aux idées de changements, sociaux ou évolutifs, ce qui a joué contre les idées d'Erasmus...

 Ne pas oublier qu'en sciences, l'époque et le contexte d'une découverte sont extrêmement importants!

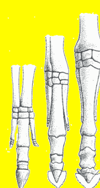
4 - Génétique & évolution (5 pts)

"Chaque gène mène sa propre guerre égoïste en coopérant avec les autres gènes dans l'ensemble génique, sexuellement agité, qu'est son environnement, afin de construire avec eux des corps."

Nous avons vu, dans le premier chapitre, que pour chaque caractère nous avons un (ou plusieurs) gène. Les gènes sont situés dans les chromosomes, qui sont "agités" au moment de la reproduction, où ils se répartissent différemment et se retrouvent avec de nouveaux gènes. En effet, on peut dire que les chromosomes sont l'environnement" des gènes.

Comme les gènes sont liés aux caractères, on peut dire qu'ils construisent les caractères et, ensemble, les gènes "construisent" le corps de l'individu. La transmission des caractères, leur variation et leur sélection, qui sont à la base de l'évolution, peuvent être donc décrites comme étant la transmission, la variation et la sélection des gènes. Chaque gène se retrouve donc à la fois en compétition avec les autres gènes (car il doit, par exemple, assurer sa reproduction à la place des autres allèles) et obligé de collaborer avec eux pour construire les caractères. On pourrait donc décrire, éventuellement, toute l'évolution non pas au niveau des organismes, mais simplement au niveau des gènes.

5 - Les chevaux mutants (6 pts)



51 - Ce changement brusque modifiant un caractère est une mutation.

52 - L'hypothèse la plus simple expliquant l'origine de ces doigts supplémentaires est que le développement de l'embryon ne s'est pas fait de façon "correcte": les doigts surnuméraires, au lieu de disparaître, se sont maintenus chez l'adulte qui présente donc des pattes "d'embryon géant".

53 - La comparaison de la "main" fossile du Parahippus ressemble beaucoup au premier stade illustré de la formation du même membre chez le cheval moderne. On pourrait en conclure qu'il existe un lien entre le développement embryonnaire et l'évolution des organismes. Des structures (os, organes) présentes chez les ancêtres de certaines espèces se retrouvent parfois au niveau de leurs embryons, puis disparaissent au cours de son développement.

Si on réfléchit au niveau des gènes, cela signifie que les gènes correspondant à ces caractères ancestraux sont toujours présents, mais ne fonctionnent pas chez l'adulte.

6 - Des renards aux chiens (7 pts)

6-1 Le mécanisme de l'évolution reproduit au cours de l'expérience de Belyaev est la sélection naturelle (ici remplacée par une sélection humaine basée sur un seul caractère : le comportement amical vis-à-vis des humains)

6-21 Cette expérience montre qu'une quarantaine de générations seulement suffisent, avec une sélection importante, pour modifier non seulement le comportement, mais aussi l'apparence d'une espèce. Cela laisse penser que la formation d'une espèce à partir d'une autre peut être extrêmement rapide (au sens géologique - quelques dizaines de milliers d'années...). On peut même penser que plus la sélection est intense et plus l'évolution est rapide.

6-22 Comme cette expérience le montre, les transitions entre espèces peuvent être très rapides. La fossilisation étant un phénomène exceptionnel, un événement "rapide" n'a que peu de chances d'y laisser des traces. Il est donc logique que les fossiles montrant des transitions entre espèces soient rares (contrairement à ceux montrant des transitions entre de grands groupes, transitions qui ont demandé bien plus de temps et ont donc laissé davantage de traces fossiles).

6-3 Belyaev et son équipe ont sélectionné le comportement amical, mais au bout de plusieurs dizaines de générations les individus qui présentent ce comportement ont aussi de nouveaux caractères La sélection d'un caractère a amené des résultats portant sur d'autres caractères (hormones, croissance rapide, crâne plus rond, couleur...). Comme ces caractères sont apparus ensemble, on doit en déduire que les gènes qui en sont responsables ont aussi été sélectionnés "ensemble", à partir du comportement. Les gènes qui influence le comportement des animaux sont donc liés (ou travaillent avec) ceux qui sont responsables du taux d'hormone ou de la forme du crâne. Une sélection basée sur un seul caractère peut provoquer une sélection portant sur de nombreux gènes liés à ce caractère (même si, au départ, on ne pensait pas qu'ils étaient liés). Cette idée est confirmée par l'analyse montrant qu'il existe déjà une quarantaine de gènes différents entre les animaux sélectionnés et leurs "ancêtres" sauvages.

<u>7 - Les antibiotiques, c'est pas automatique (5 pts)</u>

7-1 Si on veut juste noter quelque chose, on dira que "les bactéries ont évolué depuis 1945 pour résister aux antibiotiques". Ce n'est pas faux, mais un peu simpliste. Vous savez, depuis le chapitre 2 de ce (remarquable!) manuel, que les bactéries se reproduisent très rapidement.Leur évolution est donc très rapide. Pour répondre de façon complète à la question, il faut penser à la sélection naturelle qu'on subi les bactéries: en utilisant massivement les antibiotiques, les bactéries sensibles à ces molécules sont mortes. Seules celles qui étaient un peu plus résistantes que la moyenne ont survécu et se sont reproduites, et ainsi de suite... jusqu'à obtenir des souches résistantes à ces molécules...

7-2 Prendre la totalité du traitement, même si on se sent mieux avant la fin) gêne l'apparition de souches de bactéries résistantes aux antibiotiques. Réfléchissez, avec ce que vous savez des réactions contre les infections grâce au providentiel chapitre 2 du manuel...

Nous sommes dans l'organisme, les macrophages et lymphocytes sont débordés, vous êtes malade et demandez de l'aide. Les bactéries font la fête dans votre corps quand votre sang les inonde de molécules toxiques pour elles, les antibiotiques. Quelles sont celles qui meurent en premier ? Celles qui sont les plus sensibles à l'antibiotique (et qui sont aussi les plus nombreuses). Du coup, vous vous sentez mieux, et seriez tenté d'arrêter de prendre vos pilules... Mais si vous faites cela, qui va rester dans votre organisme? Les bactéries les plus résistantes à l'antibiotique, qui pourront alors se multiplier tranquillement et que vous pourrez transmettre à un (ou une) infortuné camarade...

Par contre, si vous prenez la totalité du traitement, même les bactéries les moins sensibles à l'antibiotique seront détruites, et les éventuelles bactéries résistantes survivantes seront liquidées par votre système de défense...

Les antibiotiques nous donnent donc l'exemple de phénomène de sélection et d'évolution se déroulant à l'intérieur de notre propre organisme...

<u>8 - Axolotl, l'inachevé (4 pts)</u>

8-1 On vous dit que l'Axolotl ressemble à une larve. En fait, on peut en conclure que c'est une larve, qui peut se reproduire, et ne se transforme jamais en adulte... Cela donne une hypothèse simple pour l'origine de cet animal: l'espèce ancêtre de l'Axolotl était une salamandre avec une larve "classique", puis une mutation a stoppé la métamorphose de la larve en adulte (tout en conservant sa capacité à se reproduire, sinon elle aurait disparu).

Une autre hypothèse serait qu'une mutation a permis à la larve de se reproduire, ce qui a stoppé la transformation en adulte devenue "inutile" (un animal devenant adulte ayant peut être plus de risque de se faire manger qu'un autre restant larve, par exemple).

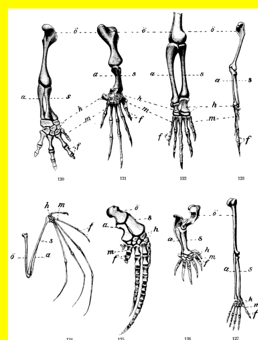
Une troisième hypothèse tout aussi logique serait que les ancêtres de l'Axolotl ont colonisé des lacs beaucoup plus froids que ceux qu'ils connaissaient (ou que le climat a changé) et que cette basse température ralentit leur développement: ils ne vivent pas assez vieux pour devenir adultes, mais juste assez pour pouvoir se reproduire (ce n'est pas la réalité, mais c'est une hypothèse logique, donc qui vous aurait rapporté tous les points de la question...)

Une quatrième hypothèse (qui en plus est confirmée par une expérience, c'est bien ça) serait qu'une mutation a stoppé la fabrication d'une hormone nécessaire à la transformation de l'animal en adulte (mais pas indispensable pour se reproduire). L'expérience de Laufberger confirmerait notre brillante idée...

8-2 Hypothèse n°1: si l'aquarium de Duméril contenait de l'eau plus chaude, cela a accéléré le développement des animaux, ce qui explique que les petits ai pu se développer en salamandre adulte. Cela confirmerait l'hypothèse du milieu de vie trop froid (mais c'est peu probable, car dans ce cas tous les oeufs de Duméril se seraient développés en salamandres, pas juste quelques-uns....)

Hypothèse n°2: il y a assez de variation (mutation) chez les petits Axolotl pour que certains produisent assez d'hormone pour se métamorphoser en salamandre. Cela confirmerait l'idée d'une origine évolutive basée sur une production absente ou insuffisante d'hormone chez la majorité des individus. Peut être aussi qu'un facteur de l'environnement (température, pH de l'eau, durée du jour, nourriture des larves...), dans l'aquarium, à pu agir sur le développement des embryons (dans les oeufs) pour "débloquer" la production d'hormone... Cette hypothèse laisse penser qu'une variation, dans la nature, peut être exploitée par des changements du milieu, et donc que l'évolution de l'ancêtre de l'Axolotl pourrait être liée à l'évolution de son milieu de vie.

<u>9 Ressemblances (6 pts)</u>



9-1 120 Salamandre, 121 Tortue, 122 crocodile, 123 oiseau, 124 chauve souris, 125 baleine, 126 taupe, 127 humain

Si vous avez confondu les deux premiers, ce n'est pas grave et ne vous enlèvera aucun point! L'éléphant était bien entendu l'intrus de la liste, aucune des pattes présentées n'étant assez massive pour cet animal.

9-2 Lorsque l'on compare ces différents membres, on constate qu'ils ont tous une organisation voisine: un os, puis 2 os (parfois soudés) puis une main avec un nombre de doigts variable, voisin de 5, parfois soudés. La longueur, l'épaisseur et les proportions de ces différents os sont, par contre, très variables. Les membres des vertébrés montrent donc un ensemble de variations par rapport à une structure commune. On ne peut expliquer cela qu'en faisant appel à un même ancêtre pour tous ces vertébrés, ancêtre qui aurait possédé cette structure initiale du squelette des membres.

<u>10 -Lire et écrire, mais avec quoi ? (6 pts)</u>

Comment se fait-il que le cerveau des premiers ancêtres de notre espèce ait pu posséder des zones spécialisées dans des tâches qui ne seront inventées que plusieurs dizaines de milliers d'années plus tard ?

10-1 Bien entendu, le cerveau de nos ancêtres ne "savait" pas qu'un jour il lui faudrait se mettre à l'écriture et à la lecture. On doit donc supposer que les zones qui actuellement servent à lire et écrire avait à l'origine une fonction différente (par exemple, la zone de l'a lecture pouvait servir généralement à la reconnaissance des formes des fruits ou des aliments, et celle de l'écriture participer à la manipulation d'outils).

10-2 Pour vérifier l'hypothèse précédente, il "suffirait" de vérifier la cartographie cérébrale de gens qui ne savent ni lire ni écrire, et de voir à quoi servent les zones du cerveau qui normalement servent à ces activités (on pourrait réaliser la même expérience avec des membres de tribus ne connaissant pas l'écriture).

Une autre expérience serait de suivre régulièrement la "cartographie" cérébrale d'un enfant qui apprend à lire, et de voir quelles zones changent de fonction au fur et à mesure...

<u>Remarque:</u> *Ce type de démarche évolutive (utilisation d'un organe, ou d'une partie d'un organe, pour une fonction qui n'était pas la sienne au départ) est extrêmement répandue dans le déroulement de l'évolution des organismes.*

11 Des espèces circulaires (4 pts)

Le phénomène dont parle R. Dawkins est la formation d'une espèce à partie d'une autre. En se déplaçant ("*dans l'espace*") on assiste à une transition progressive entre l'espèce goéland argenté et l'espèce goéland brun. C'est ce type de transition, s'étant produit dans le passé sur de longues durées ("*dans le temps*") qui explique le passage d'une espèce à une autre (séparées dans le temps, et non plus dans l'espace), est donc l'évolution des espèces.

12 Les yeux du Protée (4 pts)

12-1 Question facile, non? Le protée passe sa vie dans des cavernes, dans l'obscurité. Il n'est pas difficile de relier l'absence de lumière dans son milieu à l'absence d'yeux chez l'adulte, cette absence n'étant pas préjudiciable à l'animal dans son milieu.

12-2 Au cours du développement du protée, la larve possède des yeux qui disparaissent ensuite. On peut donc supposer que les ancêtres de cette espèce étaient des amphibiens possédant des yeux (et vivant donc dans un milieu éclairé).

12-3 On peut proposer l'hypothèse suivante: Des salamandres sont entraînées dans une caverne (après une crue, par exemple) et y trouvent de quoi s'alimenter. Isolées des autres salamandres de leur espèce, elles se reproduisent entre elles. Toutes les variations (mutations) qui aboutissent à la perte de la vue (et qui sont normalement mortelles dans un milieu éclairé) peuvent s'accumuler, et peuvent même donner un avantage aux animaux qui perdent la vue dans ce milieu (par exemple, un oeil recouvert de peau s'infecte moins facilement, il est moins sensible aux modifications de la composition de l'eau) et, petit à petit, l'espèce initiale à donnée le protée aveugle (qui commence son développement comme le faisait son ancêtre avant de bifurquer sur la voie qui lui a fait perdre ses yeux).

Peut-être imaginerez-vous d'autres hypothèses, valables ou non, ce qui sera l'occasion d'une intéressante discussion en classe entre vous, vos camarades et votre estimé professeur.

13 Une étrange baleine (4 pts)

13-1 Cette observation nous indique qu'il existe quelques individus qui peuvent être dotés de membres postérieurs atrophiés. Cela indique que les ancêtres des baleines devaient être des animaux à quatre pattes (terrestre ou aquatique comme des loutres ?). Tout un ensemble de fossiles confirme cette idée. On y observe des transitions d'espèces proprement terrestres à des espèces aquatiques dont les membres postérieurs sont réduits.

13-2 Les embryons de baleines présentent des caractères (poils, bourgeons de dents) qui sont ceux observés chez des animaux terrestres (ou qui vivent en partie à terre, comme les loutres ou certaines otaries). Cela laisse penser que les embryons des ancêtres des baleines développaient les mêmes caractères, mais qui ne disparaissaient pas: c'était donc des animaux au moins en partie terrestres, ce qui confirme notre idée précédente.

13-3 Comme il existe des baleines avec des "pattes arrières" atrophiées, cela montre que les gènes correspondants existent toujours chez les animaux modernes, mais qu'ils ne fonctionnent pas (de plus, comme les pattes en questions sont atrophiées, mal formées, cela peut signifier que ces gènes ont été abîmés). On peut donc supposer que, ces les baleines modernes, les gènes "pattes arrière" ne fonctionnent pas, bien qu'ils soient présents. Chez l'individu capturé en 1919, on peut supposer qu'à la suite d'une mutation les gènes "patte arrière" se sont remis en marche, et qu'ils ont donné le caractère observé. Par contre, comme ces gènes sont dégradés, les pattes qu'ils ont données sont mal formées (par exemple, elles contiennent du cartilage à la place de l'os).

14 Petit poisson deviendra... (5 pts)

14-1 Deux groupes d'animaux qui, même s'ils se ressemblent, ne peuvent plus se reproduire ensemble constituent deux espèces différentes.

14-2 D'après les indications fournies, entre 1983 et 2001 les poissons de l'espèce initiale ont donné deux populations différentes incapables de se reproduire entre elles. Il a donc suffi de 18 ans pour que les Cynotilapia introduits se séparent en deux groupes qui n'ont pas la même aspect et ne peuvent se reproduire. On observe donc le début de la formation de deux nouvelles espèces à partir d'une seule. Cela indique que, dans des conditions favorables, la formation de nouvelles espèces peut être extrêmement rapide et ne prendre que quelques dizaines d'années.

14 -3 Comme dans l'exercice 6, il faut penser à la rareté de la fossilisation pour comprendre qu'un événement rapide, comme la transition entre deux espèces, n'a que peu de chances d'y laisser des traces. Pour prendre un exemple, supposez que vous achetiez un CD (ou équivalent) tous les 200 ans: pensez-vous que vous pourriez facilement suivre l'évolution de la musique ces dix dernières années?

De la même façon, les fossilisations étant très rares, elles n'ont que peu de chance de se produire pendant le très bref délai ou se produisent les rapides transitions entre espèces (puisque l'observation précédente nous montre que ces transitions peuvent être très rapides), ce qui explique que l'on ne retrouve quasiment pas de fossiles montrant ces transitions.

Par contre, et j'insiste (je sais, je suis pénible!), il existe de nombreux fossiles montrant des transitions qui ont pris bien plus de temps entre les différents groupes d'animaux. Les transitions entre différents types de vertébrés, par exemple, sont ainsi abondamment illustrées par des fossiles possédant, par exemple, à la fois des caractères de "poisson" et d'amphibien, ou de "reptile" et de mammifère...

15 Histoire d'Ours (6 pts)

15-1 Puisque les ours blanc et brun peuvent se reproduire ensemble et que leurs petits peuvent eux aussi se reproduire, on ne peut pas dire que ces animaux font parti de deux espèces différentes: ce sont deux populations différentes, deux variétés d'une même espèce.

15-2 On n'observe pas de "mélange" entre les ours brun et blanc, simplement sans doute parce qu'ils ne vivent pas dans le même environnement et ne se rencontrent donc pas. On peut donc supposer que les ours blanc et bruns dérivent d'une même espèce-ancêtre dont les descendants se sont séparés en deux populations différentes, qui ne vivent pas au même endroit ni de la même façon.

Comme ces animaux peuvent encore se reproduire ensemble, on peut en déduire que la séparation de l'espèce-ancêtre en deux groupes n'est pas très ancienne, géologiquement parlant. Ce sont les conditions de vie différentes dans deux milieux différents qui ont sélectionné, dans les deux populations, des individus qui ont fini par présenter les caractères qui ont fait croire qu'il s'agissait de deux espèces différentes (couleur, comportement...).

Remarque: *cet exemple montre l'importance du milieu dans la sélection des caractères. Il montre aussi que de nombreuses différences peuvent s'accumuler dans une population alors que la reproduction avec une autre population, même apparemment différente, est encore possible. Les différences de caractères peuvent donc évoluer plus vite que les différences de reproduction.*

15-3 L'hypothèse la plus simple permettant d'expliquer les différences entre ces deux types d'ours fait appel aux différences entre leurs environnements respectifs. Pa exemple, la population d'ours s'installant dans un milieu de plus en plus froid, ou la neige et la glace est commune, va voir sélectionner des caractères comme une couleur plus claire (pour passer inaperçu), une couche de graisse plus épaisse (pour lutter contre le froid et mieux flotter) et un comportement de chasse dépendant du gibier disponible (phoques...). Par contre, l'ours brun, qui vit dans un milieu tempéré, n'a pas été soumis aux mêmes sélections: sa couleur, sa stature et son comportement sont ceux correspondant à une bonne efficacité dans son milieu. Les différences entre les deux types d'ours s'expliquent donc par les sélections différentes, opérées par leur milieu différent, sur la reproduction des individus, ci qui a aboutit à la situation actuelle montrant deux populations très différentes.

16 Une objection philosophique aux sciences de l'évolution (6 pts)

On peut contredire Whewell sur plusieurs points.

Tout d'abord, le caractère "certain" et donc, en un sens "parfait" de la connaissance scientifique. Si vous avez lu toutes les remarques disséminées dans ce manuel, vous savez que l'activité scientifique ne vise pas à la perfection: comme la connaissance est en marche, que les techniques, les scientifiques et les approches des problèmes varient, une connaissance ne peut être, dans le meilleur des cas, que raisonnablement certaine, ou située hors de tout doute raisonnable (c'est le statut de l'évolution, de la théorie atomique, de la tectonique des plaques; pour ne donner que quelques exemples que vous connaissez). Contrairement à ce que propose Wewhell, la connaissance humaine et scientifique, n'étant jamais achevée, ne saurait être parfaite.

Autre point de discussion, les limitations de l'esprit humain, que Wewhell considère incapable d'atteindre la vérité s'il est d'origine animale. En fait, il s'agit là d'un problème essentiellement religieux: comme Wewhell croit que le monde provient d'une création divine, il en déduit que seul un esprit provenant lui aussi d'une origine divine est capable de la comprendre. Il est facile de retourner cet argument: comme le monde provient non d'une divinité, mais de processus naturels, il est logique qu'un autre processus naturel s'étant déroulé dans ce monde, à savoir l'évolution, soit capable de donner accès à une connaissance de ce monde.

On peut aussi invoquer que l'esprit n'est limité que par les moyens techniques dont il dispose, et que l'accroissement de ces moyens va impliquer un accroissement de la connaissance sans qu'il soit besoin de faire une hypothèse quelconque sur l'origine de l'esprit. De plus, et c'est là l'argument principal, comme notre connaissance ne saurait être qu'imparfaite, alors un esprit comme le notre, procédant d'une évolution et donc nécessairement imparfait, devrait suffire à réaliser l'étude scientifique du monde.

Dernier argument à jouer contre Wewhell, le caractère scientifique de l'évolution. Depuis l'époque de Wewhell, l'évolution a beaucoup évolué, justement, se nourrissant des nombreuses découvertes effectuées (en premier lieu, la génétique) et complétant les points jugés obscurs au 19e siècle. Ainsi, dans son livre, Wewhell lui-même déclarait " C'est un test pour la véracité des théories, non seulement d'expliquer, mais aussi de prévoir des phénomènes." ("*It is a test of true theories not only to account for but to predict phenomena.*" en VO non sous-titrée), et se servait de ce test pour dire que la théorie de l'évolution, ne faisant pas de prévisions, n'était pas scientifique. Ors, depuis son époque, les spécialistes de l'évolution ont fait de nombreuses prévisions, en particulier sur les types de fossile ou la répartition de certaines populations, qui toutes ont été vérifiées et confirmées par l'expérience ou l'observation.

Les objections de Whewell, bien qu'il ait été un grand scientifique de son époque, ne sont donc pas défendables, car elles se basent sur une vision erronée de l'activité scientifique. Comme l'écrivait le spécialiste de l'évolution SJ Gould dans son livre Darwin et les grandes énigmes de la vie:"*C'est exactement cela que doit être la pensée scientifique. Il ne s'agit pas seulement de rassembler des faits et d'en tirer une théorie, mais bien d'un processus complexe faisant appel à l'intuition, aux opinions et à la connaissance des autres domaines scientifiques. Le jugement et le savoir-faire doivent intervenir à toutes les étapes.*"

 En sciences, la réputation de celui qui parle ne devrait pas avoir d'importance (elle en a, parce que personne n'est parfait, les scientifiques comme les autres). Seules devraient compter la justesse, la cohérence et la rigueur scientifique de ce qui est exposé ou proposé.

17 il n'y a pas de lézards (8 pts)

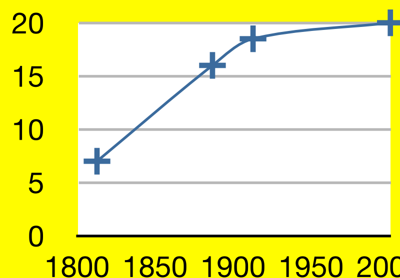
1) Les caractères nouveaux observés l'ont été sur une période supérieure à la durée d'une génération d'animaux (sur 6 ans). Il est donc peu probable qu'il s'agissent de caractères acquis. De plus, le fait que ces caractères aient été observés , plus ou moins développés, sur l'intégralité des animaux capturés diminue cette probabilité. Il est plus probable que les lézards ne subissent pas des modifications après leur naissance, du fait de leur alimentation, mais constituent une population ou les caractères nouveaux correspondent à des gènes transmis lors de la reproduction des individus.
2) On peut penser que les lézards de l'île de pod Mrcaru ne constituent pas, malgré leurs différences, une espèce distincte de celle d'origine (Podarcis sicula). On peut aussi supposer le contraire (voire même, plus raffiné, que nous assistons là au début de la formation d'une nouvelle espèce). Dans tous les cas, la seule expérience permettant de confirmer (ou d'infirmer) cet avis est d'essayer de faire se reproduire des individus de la nouvelle île avec d'autres provenant de la population ancestrale (ceux de l'île d'origine, pod copiste). Si la reproduction est possible et donne des lézards fertiles, on est en présence d'une variation dans une même espèce, sinon, nous avons des chances d'être en présence de deux espèces distinctes.
3) L'apparition de ces caractères dans cette population pourrait s'être déroulée ainsi: les 5 couples fondateurs se nourrissent et se reproduisent, mais leurs descendants, plus nombreux, doivent lutter pour trouver de la nourriture. Les individus capables, du fait de leurs caractères héréditaires, de consommer des aliments plus durs, moins digestes, peuvent se reproduire davantage que les autres. Ainsi, petit à petit, les caractères "mâchoire forte" et "intestin qui digère les feuilles" sont sélectionnés dans cette population, jusqu'à ce que tous les individus de cette population les possèdent.

18 - Vive l'empereur! (6 pts)

18-1 M de Vilmorin a réalisé une sélection des variétés de betteraves les plus riches en sucre, dont il a dirigé et donc favorisé la reproduction. Ainsi, petit à petit, il a permis le développement de variétés de betteraves bien plus riches en sucre que leurs ancêtres.

Ce procédé de sélection est celui qui oeuvre dans l'évolution des espèces: les variations des individus apparaissent au hasard de la reproduction, et la sélection est réalisée par les facteurs du milieu qui favorisent les individus porteurs de certains caractères.

18 -2 On doit représenter l'amélioration de la quantité de sucre dans la betterave en fonction du temps. On peut penser à réaliser un diagramme en bâtons (vous l'avez vu en math, c'est un histogramme de son vrai nom) ou un graphe. L'histogramme laisse penser que les changements ont été brusques (d'une «barre» à l'autre alors que le graphe retranscrit mieux la réalité: l'amélioration de la teneur en sucre a été régulière. C'est donc le type de représentation à privilégier .



Ci contre: *teneur (en %) en sucre des betteraves sucrières sélectionnées en fonction du temps.*

 En sciences, la représentation des données sous forme de graphe n'est pas innocente: on choisit le plus souvent une représentation qui favorise ce que l'on désire démontrer !

18 - 3 La teneur en sucre n'est pas le seul caractère à s'être modifié lors du processus «d'amélioration» de la betterave, et ce pour plusieurs raisons:

- l'idée la plus simple (toujours à privilégier en sciences) est que la sélection des autres caractères (taille, résistance) a elle aussi été volontaire, ces caractères facilitant la culture et l'utilisation de la plante.
- On peut aussi supposer que la sélection d'un caractère entraîne la sélection conjointe de nombreux autres caractères (voir exercice 6): les gènes responsables du caractère principal sélectionné ne peuvent s'exprimer correctement que s'ils sont accompagnés d'autres gènes, correspondant aux autres caractères. La sélection du caractère principal (ici la teneur en sucre élevée) entraîne donc alors, automatiquement, la sélection des autres caractères (comme la taille et la forme de la racine, par exemple)

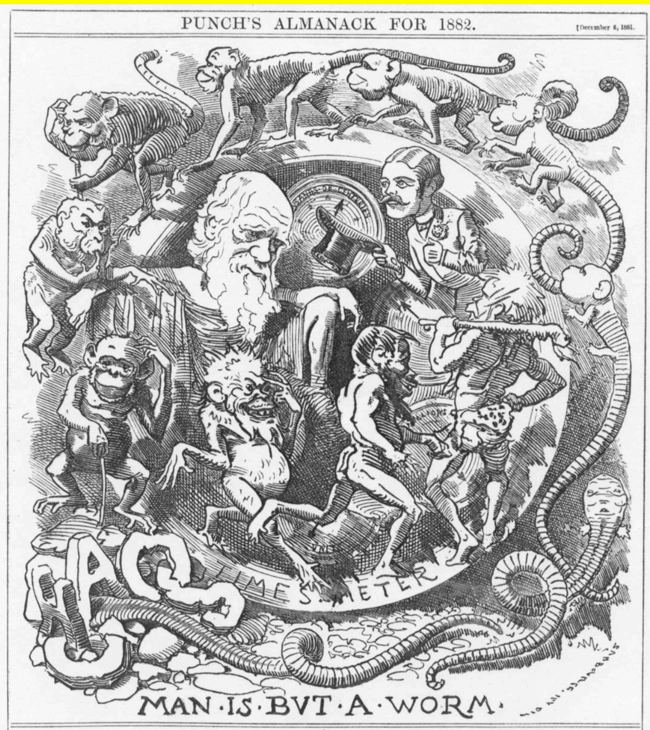
Rules, Brittania

Traduisez donc le paragraphe suivant (et devinez son auteur...)

Thus, from the war of nature, from famine and death, the most exalted object which we are capable of conceiving, namely, the production of the higher animals, directly follows. There is grandeur in this view of life, with its several powers, having been originally breathed into a few forms or into one; and that, whilst this planet has gone cycling on according to the fixed law of gravity, from so simple a beginning endless forms most beautiful and most wonderful have been, and are being, evolved.

"Ainsi, des affrontements dans la nature, des famines et de la mort, le plus merveilleux procédé que nous sommes capables de concevoir, à savoir la formation des animaux complexes, découle directement. Il y a de la grandeur dans cette vision de la vie, avec toute sa puissance, prenant sa source dans quelques formes ou dans une seule, et, alors que notre planète poursuivait sa course en accord avec les lois immuables de la gravité; à partir des formes les plus simples, les êtres les plus beaux et les plus merveilleux ont évolué et évoluent encore."

Qui a bien pu écrire ça ? Un anglais, spécialiste de l'évolution, s'exprimant d'une façon assez ancienne... Charles Darwin, bien sûr !



Caricature parue dans l'hebdomadaire "Punch" en 1882, et représentant Darwin (avec sa barbe), qui était passionné par les vers de terre, comme le descendant direct d'une longue lignée de bestioles improbables débutant par le vers et passant par le singe, l'homme préhistorique et un gentleman tout britannique!

2009 - Année Darwin

HAPPY 200TH BIRTHDAY, CHARLES DARWIN!



2009 est un double anniversaire: le bicentenaire de la naissance de Charles Darwin, et le 150e anniversaire de la publication du livre «De l'origine des espèces...».

À cette occasion, plusieurs événements vont être organisés, dans de nombreux pays, et de nombreux documents vont être mis en ligne. Voici quelques liens vers des documents et des sites qui peuvent vous intéresser.



Le site «officiel» Français de l'opération Darwin 2009 en France. De nombreux liens vers les événements, conférences et documents accessibles.



Darwin étant Anglais, la BBC ne pouvait manquer son anniversaire et propose une page spéciale avec des vidéos et des bandes annonces d'une future série (que nous verrons peut être un jour en France ?)



Googgle video propose un ensemble de documentaires «the genius of Charles Darwin» présentés et réalisés par le chercheur anglais Richard Dawkins. Ce dernier parlant un anglais facile à comprendre, vous pourriez jeter un oeil sur ces videos.

En Français, une ancienne série «le voyage de Charles Darwin» (7 épisodes d'une heure) a été diffusée au début des années 80 et n'a jamais été reprogrammée. Elle n'existe pas en édition video DVD. La version anglaise est entièrement disponible sur youtube, mais la version française est beaucoup plus rare.

Collège de la vache multicolore



Classe de troisième

Nom & prénom:

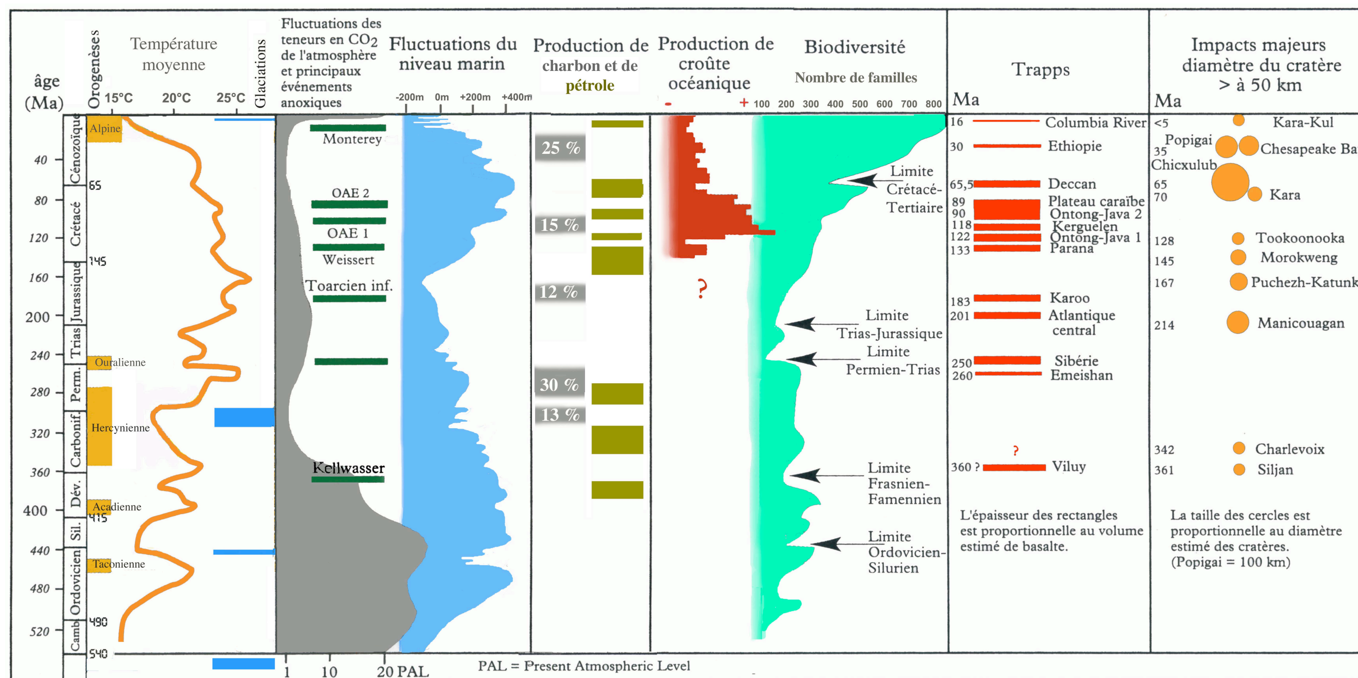
C D C

EVALUATION 6 - EVOLUTION

1 (4 pts) Définir les termes suivants:
Ancêtre commun:

Espèce:

2 Terre et vie (9 pts)
Le document ci-dessous résume les 500 derniers millions d'années de l'histoire de la Terre.



21 (2 pts) Quels facteurs susceptibles d'affecter le développement des êtres vivants ont varié de façon importante pendant ces 500 millions d'années ?

22 (6 pts) Le graphique de la biodiversité (en vert) montre certaines irrégularités soulignées par des flèches. À quoi correspondent ces irrégularités? Quelles peuvent en être l'origine (justifier brièvement vos réponses). Quelle est leur importance pour l'évolution des espèces ?

23 (1 pts) En faisant appel à vos souvenirs de quatrième, expliquez pourquoi on ne sait rien de la production de croûte océanique au-delà de 130 millions d'années dans le passé.

3 Apprendre à bien rédiger: les ancêtres communs (3 pts)
Hervè L.G. est un excellent élève, qui lit beaucoup, mais il a du mal à s'exprimer sans aller trop loin dans ses affirmations. Aidez-le en réécrivant le paragraphe suivant, tiré d'une de ses copies.

" Il n'y a pas d'ancêtres. Les chances pour qu'un fossile particulier soit l'ancêtre précis d'un être vivant actuel sont si petites qu'il n'y a pas d'ancêtres. L'ancêtre commun c'est une simple idée, commode, mais il n'a jamais existé dans la réalité. On le reconstruit en disant , par exemple, cet animal avait ce caractère, plus tel autre, et celui-là encore, parce que les descendants possèdent ces caractères, mais cet ancêtre n'a jamais vécu dans la réalité. Il n'y a pas d'ancêtres, non, jamais. Pas d'ancêtres."

4 Des preuves (4 pts)
Construisez un tableau présentant deux types d'observations ou d'expériences apportant des preuves à l'idée d'évolution des espèces. Vous mentionnerez l'observation, sa description, les conclusions que l'on peut en tirer et leur importance pour l'idée d'évolution des espèces.

EVALUATION 6 - EVOLUTION Corrigé

1 Définitions (4 pts)
Ancêtre commun: Individu, ou le plus souvent espèce, qui présente la particularité d'être l'ancêtre de deux (ou plus) espèces actuelles. Le dernier ancêtre commun est situé juste avant la séparation des espèces en deux ensembles distincts.

Espèce: ensemble d'êtres vivants capables de se reproduire entre eux et dont les descendants peuvent, eux aussi, se reproduire. *Le plus souvent, les membres d'une même espèce ont le même aspect, bien qu'il existe parfois des différences entre les sexes.*

2 Terre et vie (9 pts)
21 (2 pts) Les facteurs susceptibles d'affecter le développement des êtres vivants qui ont varié de façon importante pendant ces 500 millions d'années sont:
- la température moyenne de la planète
- le niveau des océans

22 (6 pts) Les irrégularités soulignées par des flèches sur le graphique de la biodiversité sont des extinctions massives. Ce sont de brèves périodes de l'histoire géologique ou le nombre d'espèces vivantes est très fortement réduit en un temps limité.

L'origine des extinctions massives est liée à des événements exceptionnels touchant notre planète dans son intégralité: par exemple des éruptions volcaniques géantes ou des chutes de météorites de grande dimension (mentionnées à droite du tableau). Souvent, ces événements provoquent un changement rapide et catastrophique du climat à l'échelle mondiale.

Les extinctions massives ont rythmé l'évolution des espèces. Elles assurent une "redistribution des cartes" en détruisant des milliers d'espèces au hasard, ce qui libère de la "place" (de nombreux milieux, des ressources alimentaires, etc.) pour les espèces survivantes qui ont alors l'opportunité d'évoluer différemment en envahissant, par exemple, de nouveaux territoires.
On peut citer comme exemple les mammifères, qui à l'époque des dinosaures étaient tous des animaux ressemblant à des souris et qui se sont diversifiés très rapidement après la disparition de la plupart des espèces de dinosaures...

23 (1 pts) La croûte océanique disparaît dans les profondeurs de la planète au niveau des zones de subduction (frontières convergentes de plaques). 130 millions d'années est tout simplement l'âge de la plus vielle croûte océanique encore "visible" sur notre planète. On ne peut remonter plus loin dans le temps, car les roches produites sont en ce moment sous les continents, et ont été détruites.

3 Bien rédiger (3 pts)

" *Il n'y a pas d'ancêtres* ***communs faciles à identifier en particulier****. Les chances pour qu'un fossile particulier soit l'ancêtre précis d'un être vivant actuel sont si petites que l'on ne peut pas dire* ***en montrant un fossile "ce fossile est l'ancêtre de cet animal, ou de cette espèce".***
L'ancêtre commun ***n'est pas*** *une simple idée, commode,* ***même si*** *on le reconstruit en disant, par exemple, cet animal avait ce caractère, plus tel autre, et celui-là encore, parce que les descendants possèdent ces caractères.* ***L'espèce*** *ancêtre commun* ***a existé dans la réalité****, mais* ***comme on ne peut l'identifier avec précision à un fossile donné, on ne peut que s'approcher par les fossiles de l'aspect de l'ancêtre commun sans jamais l'atteindre précisément****.*
L'ancêtre commun ***a vécu*** *dans la réalité,* ***mais nous ne sommes pas capables de l'identifier précisément****."*

4 Des preuves (4 pts) *Vous auriez pu choisir d'autres observations - cf exercice 1 p. 20)*
Tableau présentant deux types d'observations ou d'expériences apportant des preuves à l'idée d'évolution des espèces.

Observation	Description	Conclusions que l'on peut en tirer	Importance pour l'idée d'évolution des espèces
Les fossiles sont les restes d'êtres vivants disparus	On trouve dans les roches une alternance de fossiles très différents des espèces modernes, mais qui leur ressemblent par certains points	Les espèces ne sont pas restées les mêmes au cours du temps, ni en qualité ni en quantité.	Il est possible d'étudier les changements, les variations des espèces dans le temps. On peut reconstituer une histoire de la vie.
Tous les êtres vivants sont formés de cellules	Plantes, animaux, champignons et même les unicellulaires sont composés de cellules qui présentent ma même organisation et des caractéristiques très voisines	Si tous ces êtres vivants sont faits de cellules similaires, c'est qu'ils proviennent tous d'un même ancêtre qui était une simple cellule	Même des êtres vivants très différents par leur aspect ou leur taille peuvent avoir une origine commune, un ancêtre commun si on remonte assez loin dans le temps

Manuel libre & gratuit.

Copiez-le !

Téléchargez-le !

Donnez-le !

Remarque sur les programmes
Dans ce manuel, je considère les programmes officiels de la classe de troisième non comme le maximum de ce que doivent savoir les élèves, mais comme le minimum permettant de leur ouvrir l'esprit.

Les programmes sont donc parfois complétés dès que la compréhension globale d'un phénomène l'exige, sans toutefois dépasser le niveau que l'on peut attendre d'un élève motivé de troisième

VOUS VENEZ DE TERMINER LE CHAPITRE 3 - et ce manuel

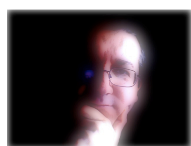
La suite (et la fin) du programme de troisième "responsabilité humaine en matière de santé et d'environnement" est un mélange de notions que vous devrez aborder en étude autonome et en groupes, sous la conduite de votre professeur. Bonne chance !

RR

Avant de partir....

L'auteur de cet ouvrage

Je suis prof de SVT (nul n'est parfait). Chercheur de formation, je n'ai pas trouvé d'emploi après m'être spécialisé dans la physiologie animale. J'ai enseigné à plusieurs niveaux: séminaires, université, formation d'adultes, lycée et collège.



Ancien élève de math-sup & math-spé bio techno, j'ai également étudié et enseigné la physique. Je m'intéresse à la philosophie des sciences, aux méthodes d'enseignement et à divers problèmes scientifiques liés aux origines de la vie. Ayant rédigé une trentaine d'articles scientifiques ces dernières années, j'ai décidé, au vu de l'inadaptation des manuels envers les élèves et connaissant la charge financière que représente l'achat de milliers de manuels, de rédiger le premier manuel, en français, libre et gratuit, de SVT pour les troisièmes.

Puisse t'il en inspirer bien d'autres, et de meilleurs !

R. Raynal
Dr de l'université de Toulouse.

Support en ligne



Le site www.exobiologie.info sera votre lien vers les mises à jour du manuel. Vous pourrez également joindre directement l'auteur.

Des "podcasts" sont prévus et seront disponibles sur itune dès la rentrée.

Évitez d'imprimer



Un document sous forme électronique doit le rester le plus possible: c'est ainsi que vous aurez accès à toute sa richesse, à ses liens, ses vidéos et ses possibilités de navigation. Imprimer est le plus souvent inutile, et représente une dépense (en encre surtout, en papier ensuite) qui n'est pas négligeable. Si vous le pouvez, conservez et utilisez ce manuel sous sa forme électronique.

Iamque opus exegi, quod nec Iovis ira nec ignis nec poterit ferrum nec edax abolere vetustas. Cum volet, illa dies, quae nil nisi corporis huius ius habet, incert spatium mihi finiat aevi: parte tamen meliore mei super alta perennis astra ferar, nomenque erit indelebile nostrum.

Ovide, Métamorphoses, livre XV, 871-876

Ce chapitre du manuel est dédié à la mémoire de Stephen Jay Gould, géologue, écrivain, professeur à Harvard, érudit, homme de science et honnête homme.

Remerciements

Institut de recherche

- le Howard Hugues Medical Institute, qui réalise et met gratuitement à disposition de tous, sur son site, d'excellents documents et cours en vidéo.
- l'université de Berkeley (Museum de Paléontologie) qui m'a autorisé à reproduire certaines illustrations et dont le remarquable site "comprendre l'évolution" est en cours de traduction.
- A Weasley et sa galerie de plusieurs centaines de reconstitutions d'animaux fossiles.
- la Smithsonian institution
- l'office des ressources naturelles du Canada

Institutions

- Wikipedia et ses contributeurs qui mettent à disposition d'excellents documents sous licence wikimedia commons.
- Le congrès des USA pour le Federal Research Public Access Act exigeant de toute agence fédérale l'accès permanent, libre et gratuit pour tous aux publications scientifiques.

Mention spéciale pour les concepteurs des licences creative commons et GNU qui ont permis de trouver (et de créer) facilement des documents pour cet ouvrage.

Chercheurs

Que soit remercié le Professeur paléontologue P. Gingerich ainsi que J. Klausmeyer

Tout le monde peut lire ce manuel ! (enfin presque !)

